

#4
6/25/01
amr

Docket No.: 44319-057

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Masahiro FUKUDA, et al.

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: January 18, 2001

Examiner:

For: A SHAPE MEASURING APPARATUS



**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

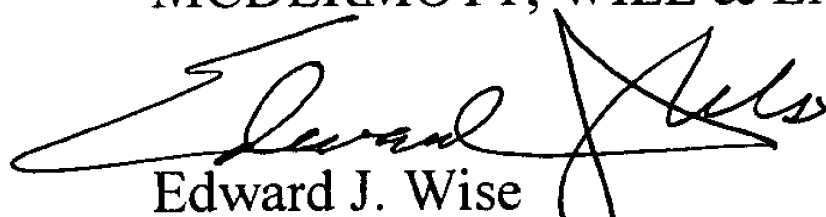
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2000-014257,
filed January 20, 2000

A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Edward J. Wise
Registration No. 34,523

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 EJW:klm
Date: January 18, 2001
Facsimile: (202) 756-8087

P765US

44319-057

JANUARY 18, 2001

FUKUDA et al.

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 1月20日

出願番号

Application Number:

特願2000-014257

出願人

Applicant(s):

ミノルタ株式会社



2000年11月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3090766

【書類名】 特許願

【整理番号】 26524

【提出日】 平成12年 1月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/00

【発明の名称】 形状計測装置

【請求項の数】 11

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 福田 正浩

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 亀沢 仁司

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 廣内 恭一

【特許出願人】

 【識別番号】 000006079

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル

 【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100067828

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小谷 悦司

【選任した代理人】

 【識別番号】 100075409

【弁理士】

【氏名又は名称】 植木 久一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096150

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 孝夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012472

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9716118

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 形状計測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 受光特性の等しい少なくとも 2 個の受光手段と入射した光束を所定の光量比率で分割し、それぞれ各受光手段に導く光分割手段とからなる受光部と、測定対象物の表面で反射した光束を上記受光部に導く物体側の焦点位置が移動可能な光学系と、上記物体側の焦点位置を移動させるべく上記光学系を駆動する駆動手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号の合成処理を行う信号処理手段とを備え、上記測定対象物からの反射光を上記受光部で受光し、上記信号処理手段で合成処理された受光信号を用いて当該測定対象物表面の位置を計測する形状計測装置であって、

上記信号処理手段は、上記受光手段間相互の光束入射方向における位置ずれ量が記憶された記憶手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号をそれぞれ記憶する信号記憶手段と、上記受光手段の一方の受光信号に対する他方の受光信号の上記位置ずれ量に基づく誤差を上記記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正する補正手段と、一方の受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように上記受光手段の受光信号を合成する信号合成手段とからなることを特徴とする形状計測装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の形状計測装置において、上記信号処理手段は、上記受光手段間の光束入射方向に対して垂直な方向における位置ずれ量が記憶された第 2 の記憶手段と、上記受光手段の一方の受光信号に対する他方の受光信号の上記光束入射方向に対して垂直な方向における位置ずれ量に基づく誤差を上記第 2 の記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正する第 2 の補正手段とを更に備えたことを特徴とする形状計測装置。

【請求項 3】 上記受光手段は、光束入射方向に対して垂直な方向に複数個の画素が配列されてなるラインセンサであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の形状計測装置

【請求項 4】 上記補正手段及び上記第 2 の補正手段は、上記受光手段の画

素毎に、受光信号の上記位置ずれ量に基づく誤差を補正するものであることを特徴とする請求項 3 記載の形状計測装置。

【請求項 5】 上記受光手段の画素毎の光束入射方向又は光束入射方向に対して垂直な方向における位置ずれ量は、所定の代表値であることを特徴とする請求項 4 記載の形状計測装置。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の形状計測装置において、上記受光部の受光手段は上記光学系の像側の焦点位置に設定され、上記光学系の像側の焦点位置に照明光源を生成する照明手段と、この照明手段と上記受光部との間に介設され、当該照明手段からの照明光を上記光学系に導くとともに、この光学系から出射される上記照明光の上記測定対象物からの反射光を上記受光部に導く第 2 の光分割手段とを更に備えたことを特徴とする形状計測装置。

【請求項 7】 複数個の画素が線状に配列されてなる受光特性の等しい少なくとも 2 個の受光手段と入射した光束を所定の光量比率で分割し、それぞれ各受光手段に導く光分割手段とからなる受光部と、測定対象物の表面で反射した光束を上記受光部に導く物体側の焦点位置が移動可能な光学系と、上記物体側の焦点位置を移動させるべく上記光学系を駆動する駆動手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号の合成処理を行う第 1 の信号処理手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号の合成処理を行う第 2 の信号処理手段と、上記第 1、第 2 の信号合成手段を切り換える切換手段と、第 1 の測定モードと第 2 の測定モードとを切換設定するモード設定手段と、上記第 1 の測定モードが設定されると、上記第 1 の信号処理手段により上記受光信号の合成処理を行わせ、上記第 2 の測定モードが設定されると、上記第 2 の信号処理手段により上記受光信号の合成処理を行わせる処理制御手段とを備え、上記測定対象物からの反射光を上記受光部で受光し、上記第 1 の信号処理手段若しくは第 2 の信号処理手段で処理された受光信号を用いて当該測定対象物表面の位置を計測する形状計測装置であって、

上記第 1 の信号処理手段は、上記受光手段間相互の画素配列方向における位置ずれ量が記憶された記憶手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号をそれぞれ記憶する信号記憶手段と、上記受光手段の一方の受光信号に対する

他方の受光信号の上記位置ずれ量に基づく誤差を上記記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正する補正手段と、一方の受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように上記受光手段の受光信号を合成する信号合成手段とからなり、

上記第2の信号処理手段は、上記受光手段間相互の画素配列方向における画素ピッチ単位的位置ずれ量に基づき一方の受光手段から出力される受光信号の位相を他方の受光手段から出力される受光信号に対して遅延させて両受光手段間の画素配列方向の位置ずれを補正する補正手段と、一方の受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように上記受光手段の受光信号を合成する信号合成手段とからなることを特徴とする形状計測装置。

【請求項8】 請求項7記載の形状計測装置において、上記第1、第2の信号処理手段は、それぞれ上記受光手段間相互の光束入射方向における位置ずれ量が記憶された第2の記憶手段と、上記受光手段の一方の受光手段に対する他方の受光信号の上記光束入射方向における位置ずれ量に基づく誤差を上記第2の記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正する第2の補正手段とを更に備えていることを特徴とする形状計測装置。

【請求項9】 上記第1の信号処理手段の有する補正手段及び第2の補正手段は、上記受光手段の画素毎に、上記位置ずれ量に基づく誤差を補正するものであることを特徴とする請求項7又は8記載の形状計測装置。

【請求項10】 上記受光手段の画素毎の画素配列方向若しくは光束入射方向における位置ずれ量は、所定の代表値であることを特徴とする請求項9記載の形状計測装置。

【請求項11】 請求項7～10のいずれかに記載の形状計測装置において、上記受光部の受光手段は上記光学系の像側の焦点位置に設定されるとともに、上記光学系の像側の焦点位置に照明光源を生成する照明手段と、この照明手段と上記受光部との間に介設され、当該照明手段からの照明光を上記光学系に導くとともに、この光学系から出射される上記照明光の上記測定対象物からの反射光を

上記受光部に導く第 2 の光分割手段とを更に備えたことを特徴とする形状計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、物体の表面形状を非接触で計測する形状計測装置に関し、具体的にはダイナミックレンジを拡大するべく 2 個の受光素子を有する受光部を備えた形状計測装置の当該受光素子間相互の位置ずれを補正する技術に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、CCD (Charge-Coupled Device) のダイナミックレンジを拡大する方法として、図 1 2 に示すように 2 個の CCD 1 0 0, 1 0 1 と光量の分割比の大きいハーフプリズム 1 0 2 とを用いた方式（以下、この方式を CCD 2 板方式という。）が知られている。

【0 0 0 3】

この方式は、ハーフプリズム 1 0 2 の互いに直交する 2 つの出射面 1 0 2 a, 1 0 2 b に対向してそれぞれ CCD 1 0 0 と CCD 1 0 1 とが配置され、ハーフプリズム 1 0 2 で入射光束の光量を、例えば $L 1 : L 2 = 9 9 : 1$ のように大きい比率で 2 分割して CCD 1 0 0 と CCD 1 0 1 とにそれぞれ明るい画像と暗い画像とを結像させ、両 CCD 1 0 0, 1 0 1 で別々に撮像された画像を合成してダイナミックレンジを拡大するものである。

【0 0 0 4】

CCD 1 0 1 では入射光量が $L 2 / (L 1 + L 2) = 0. 0 1$ に抑制されているので、入射光量が CCD 1 0 0 の受光感度を越えた場合にも受光可能である。従って、入射光量が CCD 1 0 0 の受光感度内であるときは、CCD 1 0 0 の撮像画像を使用し、CCD 1 0 0 の受光感度を越え、明るさを $(L 1 + L 2) / L 2$ 倍に調整して CCD 1 0 1 の撮像画像を使用するように両撮像画像を合成することで CCD のダイナミックレンジが拡大されるようになっている。

【0005】

ところで、上記従来のダイナミックレンジの拡大方式は2個の受光素子（CCD）を用いているので、両受光素子の受光特性を合わせる必要があるとともに、両受光素子の受光位置を合わせる必要がある。受光位置の位置合せ方法としては、従来、両受光素子にそれぞれ機械的な位置調整機構を設け、この位置調整機構を用いて各受光素子の位置調整を行う方法（ハード的な位置調整方法）が知られている。

【0006】

この機械的な位置調整機構は、受光素子の位置精度を機械的精度で保証し得る点では優れているが、 μm 単位の高い調整精度が要求されるとともに、6軸方向の複雑な調整機構が必要で、位置調整作業が容易でなく、装置の大型化、高価格化を招くという欠点がある。このため、受光素子に機械的な位置調整機構を設けず、実際に取り付けられた2枚の受光素子の相対的な位置のずれ量を製造時に測定してそのずれ量を補正值としてメモリに記憶しておき、受光素子の受光データを処理する際に当該補正值で当該受光素子の位置ずれに起因する誤差を補正する方法（ソフト的な位置調整方法）も知られている。

【0007】

このソフト的な位置調整方法は受光素子の取付構造に対する負担は少なくなる反面、受光素子の受光データを処理する度に補正值を用いた補正演算が必要となるので、CPU（中央演算処理装置）におけるデータ処理への負担が大きくなる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、測定対象物の表面形状を非接触で計測する形状計測装置は、当該測定対象物の高さ方向（垂直方向）をY方向、形状計測装置と測定対象物とを結ぶ方向をZ方向、Y方向及びZ方向に直交する方向をX方向とすると、X方向と平行に配置されたラインセンサからなる受光素子を備え、測定対象物に対して所定の高さ位置（所定のY座標位置）に設置して測定対象物からの反射光を受光素子で受光し、各画素について（各X座標位置について）その受光信号を用いて計測

装置から（正確には受光素子から）測定対象物表面までの距離（Z座標に相当）を測定することにより、測定対象物表面の三次元データ（X，Y，Z）を所定の計測ピッチで計測するものである。

【 0 0 0 9 】

形状計測装置では非接触で高精度の計測を行うため、高感度かつダイナミックレンジの広い受光素子を必要とする。しかし、現在、商品化されている受光素子では所望のダイナミックレンジが得られないことがあり、この場合は上述したようなダイナミックレンジの拡大方法を適用する必要がある。

【 0 0 1 0 】

CCD 2 板方式を採用した場合、上述のように 2 個のラインセンサ間の位置ずれが問題となる。特に、図 1 3 に示すようにラインセンサの画素配列方向（X 方向）の位置ずれは、各画素位置が測定点の X 座標に対応するため、2 個のラインセンサ A，B の受光信号を切り替えて合成した際、異なる画素位置の受光信号が合成され、測定精度に大きく影響する。

【 0 0 1 1 】

図 1 4 は、2 個のラインセンサ間に画素配列方向の位置ずれが生じている場合の測定精度への影響を説明するための図である。

【 0 0 1 2 】

同図において、最上段の白黒の帯 CH はテストチャートであり、その下の 2 本の帯 A，B はラインセンサである。ラインセンサ A 内の a_1, a_2, \dots, a_{12} 及びラインセンサ B 内の b_1, b_2, \dots, b_{12} はそれぞれ画素を示し、各画素は図 1 5 に示す感度特性を有している。同図に示すように、ラインセンサ A とラインセンサ B とは画素配列方向に 1 画素分だけ相互に位置がずれており、ラインセンサ A では画素 $a_1 \sim a_6$ と画素 $a_7 \sim a_{12}$ とでそれぞれテストチャート CH の白領域（輝度レベル B_H ）と黒領域（輝度レベル B_L ）とが受光され、ラインセンサ B では画素 $b_1 \sim b_5$ と画素 $b_6 \sim b_{12}$ とでそれぞれテストチャート CH の白領域と黒領域とが受光されている。

【 0 0 1 3 】

また、出力レベルのグラフのうち、上段のグラフはラインセンサ A の出力レベ

ルであり、中段のグラフはラインセンサ B の出力レベルであり、下段のグラフはを両ラインセンサ A, B の出力レベルを合成したものである。なお、ラインセンサ B への入射光量はラインセンサ A の入射光量の $1/N$ とし、下段のグラフではラインセンサ B の出力レベルを N 倍してレベル調整後に合成したもので表している。

【 0 0 1 4 】

図 1 5 に示すように白領域の輝度レベル B_H はラインセンサ A の最大出力レベル V_{max} を越えているので、ラインセンサ A の画素 $a_1 \sim a_6$ の出力レベルは最大出力レベル V_{max} に飽和し、画素 $a_7 \sim a_{12}$ の出力レベルは黒領域の輝度レベル B_L に対応した出力レベル V_L となっている。一方、ラインセンサ B では入射光量が $1/N$ に逓減されているので、画素 $b_1 \sim b_5$ の出力レベルは輝度レベル B_H/N に対応した出力レベル V_H の $1/N$ となり、画素 $b_6 \sim b_{12}$ の出力レベルは最小出力 V_{min} に飽和している。

【 0 0 1 5 】

CCD 2 板方式では、ラインセンサ A の画素 $a_1 \sim a_6$ の出力レベルが飽和しているので、これらの画素 $a_1 \sim a_6$ の出力レベルはラインセンサ B の対応する画素 $b_1 \sim b_6$ の出力レベルに置換されて合成されるが、下段のグラフに示すように画素 a_6 に対応する出力レベルが実質的に欠落することになる。この結果、画素 a_6 に対応する X 座標位置において、Z 座標（測定対象物の表面位置）を算出するための複数個の受光信号に信号の欠落が生じ、その画素位置での Z 座標が正確に得られなくなる。

【 0 0 1 6 】

図 1 3 に戻り、ラインセンサの受光面に垂直な方向（Z 方向）の位置ずれは、ラインセンサ A とラインセンサ B 間で受光量に差が生じ、画素配列方向（X 方向）の位置ずれが生じていない場合でもラインセンサ A の受光信号とラインセンサ B の受光信号を切換合成した場合、ある画素位置において、Z 座標を算出するための複数個の受光信号にラインセンサ A の出力とラインセンサ B の出力とが混在することがあり、その画素位置における Z 座標の演算誤差の要因となる。

【 0 0 1 7 】

従って、形状計測装置においては、CCD 2 板方式によるダイナミックレンジ拡大方法を採用した受光系を用いる場合、特にラインセンサの画素配列方向（X 方向）とラインセンサへの入射光束の光軸方向（Z 方向）の位置ずれに起因する測定誤差を低減する必要がある。

【 0 0 1 8 】

従来の受光素子の取付位置を機械的に調整するハード的な位置ずれ調整方法では調整機構が装置の大型化、複雑化、高価格化を招き、時には形状計測装置に採用し難い。

【 0 0 1 9 】

そこで、総合的に検討すると、位置ずれに起因する測定誤差を受光データの処理段階で信号処理や演算処理もしくはこれらの組合わせにより補正する方法が好ましいが、従来、CCD 2 板方式によるダイナミックレンジ拡大方法を採用した形状計測装置は知られておらず、ラインセンサの画素配列方向と入射光束の光軸方向の位置ずれに起因する測定誤差を信号処理や演算処理等により補正する技術も提案されていない。

【 0 0 2 0 】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、CCD 2 板方式により受光素子のダイナミックレンジを拡大するとともに、2 個の受光素子間の画素配列方向及び入射光束の光軸方向の両方向の位置ずれを演算処理もしくは信号処理により補正することで高速かつ高精度に測定対象物の三次元形状を計測し得る形状計測装置を提供するものである。

【 0 0 2 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、受光特性の等しい少なくとも 2 個の受光手段と入射した光束を所定の光量比率で分割し、それぞれ各受光手段に導く光分割手段とからなる受光部と、測定対象物の表面で反射した光束を上記受光部に導く物体側の焦点位置が移動可能な光学系と、上記物体側の焦点位置を移動させるべく上記光学系を駆動する駆動手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号の合成処理を行う信号処理手段とを備え、上記測定対象物からの反射光を上記受光部で受光し、上

記信号処理手段で合成処理された受光信号を用いて当該測定対象物表面の位置を計測する形状計測装置であって、上記信号処理手段は、上記受光手段間相互の光束入射方向における位置ずれ量が記憶された記憶手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号をそれぞれ記憶する信号記憶手段と、上記受光手段の一方の受光信号に対する他方の受光信号の上記位置ずれ量に基づく誤差を上記記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正する補正手段と、一方の受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように上記受光手段の受光信号を合成する信号合成手段とからなることを特徴とするものである（請求項 1）。

【 0 0 2 2 】

この構成によれば、測定対象物の表面を反射した光は光学系により受光部に入力され、この反射光は光分割手段により所定の光量比率で分割され、それぞれ受光手段に導かれる。形状計測時には光学系の物体側の焦点位置を移動させつつ所定の周期で受光部の露光が繰り返し行なわれ、この露光により各受光手段で光電変換された信号（受光信号）は信号処理手段に入力される。

【 0 0 2 3 】

信号処理手段では、補正手段において一方の受光手段の受光信号を基準として他方の受光手段の受光信号の光束入射方向（受光手段の受光面に対して垂直な方向。以下、この方向を Z 方向という。）における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差が、記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正される。

【 0 0 2 4 】

そして、一方の受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように、すなわち、一方の受光手段から出力される受光信号のレベルが飽和しているとき、その受光信号をレベルが飽和していない他方の受光手段の受光信号に置換するように両受光手段の受光信号が合成され、この合成後の受光信号を用いて測定対象表面の位置が計測される。

【 0 0 2 5 】

これにより受光部のダイナミックレンジが各受光手段のダイナミックレンジよりも拡大し、高い精度で正確に測定対象表面の形状計測が可能となる。

【 0 0 2 6 】

また、本発明は、上記形状計測装置において、上記受光手段間の光束入射方向に対して垂直な方向における位置ずれ量が記憶された第2の記憶手段と、上記受光手段の一方の受光信号に対する他方の受光信号の上記光束入射方向に対して垂直な方向における位置ずれ量に基づく誤差を上記第2の記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正する第2の補正手段とを更に備えたものである（請求項2）。

【 0 0 2 7 】

この構成によれば、第2の補正手段により一方の受光手段の受光信号を基準として他方の受光手段の受光信号の光束入射方向に対して垂直な方向（受光手段の受光面と平行な方向。以下、この方向をX方向という。）における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差が、第2の記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正される。これにより測定対象表面の形状計測精度がより向上する。

【 0 0 2 8 】

また、本発明は、上記形状計測装置において、上記受光手段を光束入射方向に対して垂直な方向に複数個の画素が配列されてなるラインセンサで構成したものであり（請求項3）、上記補正手段及び第2の補正手段は、上記受光手段の画素毎に、受光信号の上記位置ずれ量に基づく誤差を補正するようにしたものである（請求項4）。

【 0 0 2 9 】

この構成によれば、一方の受光手段の受光信号を基準として他方の受光手段の受光信号のX方向及びZ方向における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差の補正が、各画素から出力される受光信号毎に行なわれる。

【 0 0 3 0 】

形状計測装置において、受光手段をラインセンサで構成した場合、受光手段の各画素位置が三次元形状測定におけるX方向の座標に相当し、複数のX座標位置について同時にZ方向の座標が計測される。従って、各画素毎に、X方向及びZ

方向における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差を補正することにより、各測定点での受光手段相互の位置ずれに基づく誤差が正確に補正される。

【 0 0 3 1 】

なお、上記形状計測装置において、上記受光手段の画素毎の光束入射方向又は光束入射方向に対して垂直な方向における位置ずれ量は、所定の代表値とするとい（請求項 5）。

【 0 0 3 2 】

例えば一方のラインセンサと他方のラインセンサとが非平行状態で Z 方向若しくは X 方向に位置ずれを起こしている場合、各画素毎に位置ずれ量は異なるが、上記構成によれば、例えば平均値等の代表値を用いて位置ずれに基づく誤差の補正が行なわれる。従って、位置ずれ量を代表値とすることで、記憶すべき位置ずれ量が低減され、補正演算も容易となる。

【 0 0 3 3 】

また、本発明は、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の形状計測装置において、上記受光部の受光手段は上記光学系の像側の焦点位置に設定されるとともに、上記光学系の像側の焦点位置に照明光源を生成する照明手段と、この照明手段と上記受光部との間に介設され、当該照明手段からの照明光を上記光学系に導くとともに、この光学系から出射される上記照明光の上記測定対象物からの反射光を上記受光部に導く第 2 の光分割手段とを更に備えたものである（請求項 6）。

【 0 0 3 4 】

この構成によれば、照明手段で生成された照明光は第 2 の光分割手段及び光学系を介して測定対象物に照射される。また、測定対象物表面を反射した照明光は光学系及び第 2 の光分割手段を介して受光部に導かれ、受光部内の光分割手段により所定の光量比率で分割されてそれぞれ受光手段に導かれる。そして、形状計測時には光学系の物体側の焦点位置を移動させつつ所定の周期で受光部の露光が繰り返し行なわれ、この露光により各受光手段で光電変換された信号（受光信号）は信号処理手段に出力される。

【 0 0 3 5 】

照明光は光学系の物体側の焦点位置に集光し、この焦点位置が測定対象物表面

に一致したとき、受光部から出力される受光信号のレベルが最大となる。従って、信号処理手段で合成処理された受光信号のうち、レベルが最大となる受光信号の露光位置を算出することで測定対象物表面の位置が正確に算出される。

【 0 0 3 6 】

また、本発明は、複数個の画素が線状に配列されてなる受光特性の等しい少なくとも2個の受光手段と入射した光束を所定の光量比率で分割し、それぞれ各受光手段に導く光分割手段とからなる受光部と、測定対象物の表面で反射した光束を上記受光部に導く物体側の焦点位置が移動可能な光学系と、上記物体側の焦点位置を移動させるべく上記光学系を駆動する駆動手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号の合成処理を行う第1の信号処理手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号の合成処理を行う第2の信号処理手段と、上記第1、第2の信号合成手段を切り換える切換手段と、第1の測定モードと第2の測定モードとを切換設定するモード設定手段と、第1の測定モードが設定されると、上記第1の信号処理手段により上記受光信号の合成処理を行わせ、第2の測定モードが設定されると、上記第2の信号処理手段により上記受光信号の合成処理を行わせる処理制御手段とを備え、上記測定対象物からの反射光を上記受光部で受光し、上記第1の信号処理手段若しくは第2の信号処理手段で処理された受光信号を用いて当該測定対象物表面の位置を計測する形状計測装置であって、上記第1の信号処理手段は、上記受光手段間相互の画素配列方向における位置ずれ量が記憶された記憶手段と、上記受光部の各受光手段から出力される受光信号をそれぞれ記憶する信号記憶手段と、上記受光手段の一方の受光信号に対する他方の受光信号の上記位置ずれ量に基づく誤差を上記記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正する補正手段と、一方の受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように上記受光手段の受光信号を合成する信号合成手段とからなり、上記第2の信号処理手段は、上記受光手段間相互の画素配列方向における画素ピッチ単位的位置ずれ量に基づき一方の受光手段から出力される受光信号の位相を他方の受光手段から出力される受光信号に対して遅延させて両受光手段間の画素配列方向の位置ずれを補正する補正手段と、一方の

受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように上記受光手段の受光信号を合成する信号合成手段とからなるものである（請求項 7）。

【 0 0 3 7 】

この構成によれば、測定者は第 1 又は第 2 の測定モードの何れかを選択して測定対象物の表面形状を計測することができる。第 1 の測定モードでは受光部から出力される受光信号は第 1 の信号処理手段で処理され、第 2 の測定モードでは受光部から出力される受光信号は第 2 の信号処理手段で処理される。

【 0 0 3 8 】

第 1 の信号処理手段では、補正手段において、一方の受光手段の受光信号を基準として他方の受光手段の受光信号の X 方向における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差が、記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正される。そして、一方の受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように、すなわち、一方の受光手段から出力される受光信号のレベルが飽和しているとき、その受光信号をレベルが飽和していない他方の受光手段の受光信号に置換するように、信号合成手段で両受光手段の受光信号が合成される。

【 0 0 3 9 】

一方、第 2 の信号処理手段では、補正手段において、X 方向における画素ピッチ単位のずれ量に基づき一方の受光手段から出力される受光信号の位相を他方の受光手段から出力される受光信号に対して遅延させて両受光手段間の X 方向における位置ずれが補正される。そして、一方の受光手段の受光光量が受光範囲を超えているとき、当該受光手段の受光信号を受光光量が受光範囲を超えていない他方の受光手段の受光信号に置き換えるように、すなわち、一方の受光手段から出力される受光信号のレベルが飽和しているとき、その受光信号をレベルが飽和していない他方の受光手段の受光信号に置換するように、信号合成手段で両受光手段の受光信号が合成される。

【 0 0 4 0 】

そして、第 1 の信号処理手段若しくは第 2 の信号処理手段で合成された受光信号を用いて測定対象表面の位置が計測される。

【 0 0 4 1 】

これにより受光部のダイナミックレンジが各受光手段のダイナミックレンジよりも拡大し、高い精度で正確に測定対象表面の形状計測が可能となる。

【 0 0 4 2 】

また、本発明は、上記形状計測装置において、上記第 1，第 2 の信号処理手段は、それぞれ上記受光手段間相互の光束入射方向における位置ずれ量が記憶された第 2 の記憶手段と、上記受光手段の一方の受光信号の他方に対する他方の受光信号の上記光束入射方向における位置ずれ量に基づく誤差を上記記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正する第 2 の補正手段とを更に備えているものである（請求項 8）。

【 0 0 4 3 】

この構成によれば、第 1，第 2 の信号処理手段の有する第 2 の補正手段において、更に一方の受光手段の受光信号を基準として他方の受光手段の受光信号の Z 方向における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差が、第 2 の記憶手段に記憶された位置ずれ量に基づいて補正される。これにより測定対象表面の形状計測精度がより向上する。

【 0 0 4 4 】

また、本発明は、上記形状計測装置において、上記第 1 の信号処理手段の有する補正手段及び第 2 の補正手段は、上記受光手段の画素毎に、上記位置ずれ量に基づく誤差を補正するものである（請求項 9）。

【 0 0 4 5 】

この構成によれば、第 1 の測定モードにおいては、一方の受光手段の受光信号を基準として他方の受光手段の受光信号の X 方向及び Z 方向における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差の補正が、各画素から出力される受光信号毎に行なわれる。従って、各画素毎に、X 方向及び Z 方向における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差を補正することにより、各測定点での受光手段相互の位置ずれに基づく誤差が正確に補正される。

【 0 0 4 6 】

なお、上記形状計測装置において、上記受光手段の画素毎の画素配列方向若しくは光束入射方向における位置ずれ量は、所定の代表値とするとよい（請求項 1 0）。

【 0 0 4 7 】

この構成によれば、例えば一方のラインセンサと他方のラインセンサとが非平行状態で Z 方向若しくは X 方向に位置ずれを起こしている場合、各画素毎に位置ずれ量は異なるが、例えば平均値等の代表値を用いて位置ずれに基づく誤差の補正が行なわれる。位置ずれ量を代表値とすることで、記憶すべき位置ずれ量が低減され、補正演算も容易となる。

【 0 0 4 8 】

また、本発明は、請求項 7 ～ 1 0 のいずれかに記載の形状計測装置において、上記受光部の受光手段は上記光学系の像側の焦点位置に設定されるとともに、上記光学系の像側の焦点位置に照明光源を生成する照明手段と、この照明手段と上記受光部との間に介設され、当該照明手段からの照明光を上記光学系に導くとともに、この光学系から出射される上記照明光の上記測定対象物からの反射光を上記受光部に導く第 2 の光分割手段とを更に備えたものである（請求項 1 1）。

【 0 0 4 9 】

この構成によれば、照明手段で生成された照明光は第 2 の光分割手段及び光学系を介して測定対象物に照射される。また、測定対象物表面を反射した照明光は光学系及び第 2 の光分割手段を介して受光部に導かれ、光分割手段により所定の光量比率で分割されてそれぞれ受光手段に導かれる。そして、形状計測時には光学系の物体側の焦点位置を移動させつつ所定の周期で受光部の露光が繰り返し行なわれ、この露光により各受光手段で光電変換された信号（受光信号）は信号処理手段に出力される。

【 0 0 5 0 】

照明光は光学系の物体側の焦点位置に集光し、この焦点位置が測定対象物表面に一致したとき、受光部から出力される受光信号のレベルが最大となる。従って、信号処理手段で合成処理された受光信号のうち、レベルが最大となる受光信号

の露光位置を算出することで測定対象物表面の位置が正確に算出される。

【 0 0 5 1 】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明に係る形状計測装置の一実施形態のブロック構成図である。

【 0 0 5 2 】

形状計測装置 1 は共役オートフォーカスシステムを用いて測定対象物 G の表面形状の計測を行うものである。形状計測装置 1 は、照明光を発生する照明部 2、照明部 2 からの照明光を測定対象物 G に照射する共焦点型光学系 3、この共焦点型光学系 3（以下、光学系 3 という。）を透過した測定対象物 G からの照明光の反射光を受光し、電気信号（以下、受光信号という。）に光電変換して出力する受光部 4、光学系 3 を透過した測定対象物 G からの照明光の反射光を分光して受光部 4 に導くビームスプリッタ 5、測定対象物 G を形状計測装置 1 に対して垂直方向（Y 方向）に相対移動させる Y 方向演算部 6、受光部 4 から出力される受光信号を用いて測定対象物 G の表面の粗い位置座標（Z 座標）を算出する Z 座標粗演算部 7 及び上記各部の動作を制御し、測定対象物 G の表面の三次元形状データを算出する測定制御部 8 からなる基本構成を有している。

【 0 0 5 3 】

測定対象物 G の三次元形状は当該測定対象物 G を三次元形状装置 1 の前方に配置された Y 方向駆動部 6 内の測定テーブル 6 1 に載置し、当該測定テーブル 6 1 を高さ方向（Y 方向）に所定のピッチで昇降させつつ、各高さ位置で測定対象物 G の表面の凹凸を計測することにより行なわれる。すなわち、測定対象物 G の高さ方向を Y 方向、光学系 3 の光軸方向を Z 方向、Y 方向及び Z 方向に直交する方向（図 1 において紙面に垂直な方向）を X 方向とすると、測定対象物 G の Y 座標を所定のピッチで変化させつつ、各 Y 座標の位置で測定対象物 G の表面の Z 座標を計測することにより測定対象物 G の三次元形状が計測される。

【 0 0 5 4 】

なお、三次元計測装置 1 は、後述するように X 軸と平行に配置されたラインセンサからなる光電変換素子を備え、この光電変換素子の各画素毎にその受光信号を用いて測定対象物 G の表面の Z 座標を計測するようになっている。すなわち、

光電変換素子の各画素はX座標に相当し、各Y座標上の全てのX座標位置におけるZ座標が同時に計測されるようになっている。

【 0 0 5 5 】

また、測定対象物Gの表面のZ座標は以下のように計測される。まず、光学系3の像側に配置された照明部2からX方向に延びる線状の照明光を発光させる。この照明光は、図3に示すように光学系3の物体側の焦点位置F2に集光され、その焦点位置F2にX方向と平行な方向に延びる線状光（以下、スリット光という。）が形成される。

【 0 0 5 6 】

次に、この状態で光学系3の物体側の焦点位置F2（すなわち、スリット光）を光軸方向に当該焦点位置F2が測定対象物Gの内部に至るまで移動させつつ、所定の周期で受光部4内の受光素子41a, 41bの露光を繰り返す。すなわち、Z軸上の所定の座標位置 Z_1, Z_2, \dots, Z_n で測定対象物Gの撮像を繰り返す。

【 0 0 5 7 】

この撮像動作により、図4に示すように各Z座標位置で受光信号が得られるが、これらの受光信号を用いて、Z座標粗演算部7及び測定制御部8内のZ座標演算部84で最大レベルとなる光軸上の露光位置（図4において、点Pに対応するZ座標 Z_p ）を受光素子41a, 41bの各画素（X座標に相当）毎に算出し、その位置を測定対象物Gの表面のZ座標とする。

【 0 0 5 8 】

図1に戻り、照明部2は測定対象物Gに対する照明光を発生させるものである。この照明光は光電変換素子全体に測定対象物Gからの反射光を入射し得るようなX方向に延びるスリット光である。照明部2はレーザ発生器21と照明光学系22を備え、レーザ光発生器21で発生されたレーザ光（スポット光）は照明光学系22でX方向に延びるスリット光に変換され、光学系3の像側の焦点位置F1に一旦、結像された後、ビームスプリッタ5を介して光学系3に入射される。

【 0 0 5 9 】

光学系3は照明部2から入力された照明光を測定対象物Gに照射するとともに、その測定対象物Gの表面で反射した照明光をビームスプリッタ5を介して受光

部 4 に導くものである。

【 0 0 6 0 】

光学系 3 は前群レンズ 3 1 a と後群レンズ 3 1 b とからなる二群レンズからなり、後群レンズ 3 1 b は光学系 3 の対物側の焦点位置 F 2 を移動させるフォーカス調整用のレンズとなっている。後群レンズ 3 1 b はアクチュエータ 3 2 によって光軸上を前後に移動可能になっている。アクチュエータ 3 2 はステップモータ等の電動モータ 3 3 の回転運動を直進運動に変換するもので、後群レンズ 3 1 b はアクチュエータ 3 2 を介して伝達された電動モータ 3 3 の駆動力により光軸上を前後に移動する。なお、電動モータ 3 3 の動作はモータドライバ 3 4 により制御され、電動モータ 3 3 の実質的な駆動制御は測定制御部 8 により行われる。

【 0 0 6 1 】

また、アクチュエータ 3 2 には後群レンズ 3 1 b の位置を検出する位置検出器 3 5 が設けられている。位置検出器 3 5 は、例えばアクチュエータ 3 2 の移動部材側に取り付けられた光センサと固定部材側に取り付けられたリニアスケールとからなり、アクチュエータの移動部材の移動によって光センサがリニアスケールのメモリを読み取るようになっている。位置検出器 3 5 からは正弦波状の信号が出力され、この出力信号は波形整形器 3 6 で矩形波に整形された後、測定制御部 8 に入力される。

【 0 0 6 2 】

測定制御部 8 では位置検出器 3 5 から入力される矩形波を用いて後群レンズ 3 1 b の位置、すなわち、焦点位置 F 2 の光軸上の位置が検出される。光学系 3 から出射された照明光は、上述したように焦点位置 F 2 に集光し、この焦点位置 F 2 に X 方向に延びるスリット光が形成される（図 3 参照）。従って、後群レンズ 3 1 b を光軸上に移動させることによりスリット光が光軸上を移動し、このスリット光が測定対象物 G の表面で反射したとき、受光部 4 への入射光量は最大となる。Z 座標粗演算部 7 及び測定制御部 8 は受光部 4 から入力される複数の受光信号（図 4 参照）を用いて信号レベルが最大となる後群レンズ 3 1 b の位置、すなわち、焦点位置 F 2 の位置を算出することにより測定対象物 G の Z 座標を算出する。

【 0 0 6 3 】

受光部 4 はビームスプリッタ 5 を介して入力された測定対象物 G からの反射光を受光するものである。受光部 4 は 2 枚の CCD ラインセンサからなる受光素子（以下、ラインセンサという。） 4 1 a, 4 1 b、入射光束を 2 分割してそれぞれラインセンサ 4 1 a, 4 1 b に導くビームスプリッタ 4 2、ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の受光動作（露光による電荷蓄積及び蓄積電荷の読出等）を制御する CCD ドライバ 4 3 及びラインセンサ 4 1 a, 4 1 b から読み出された受光信号に所定の信号処理（ノイズ除去やレベル調整等）を施し、デジタル信号に変換して出力する A/D 変換器 4 4 からなる。なお、本実施の形態ではビームスプリッタ 4 2 として半透過ミラーを用いているが、ハーフプリズム等の他の光学部材を用いることができる。

【 0 0 6 4 】

2 枚のラインセンサ 4 1 a, 4 1 b 及びビームスプリッタ 4 2 は、上述した CCD 2 板方式によりラインセンサのダイナミックレンジを拡大するための構成部材である。ビームスプリッタ 4 2 はビームスプリッタ 5 の反射光の光軸上に配置され、ラインセンサ 4 1 a はビームスプリッタ 4 2 の透過光の光路上に、また、ラインセンサ 4 1 b はビームスプリッタ 4 2 の反射光の光路上に、それぞれ光学系 3 の像側の焦点位置 F 1 と共役な位置に配置されている。

【 0 0 6 5 】

CCD 2 板方式によるダイナミックレンジ拡大方法ではラインセンサ 4 1 a とラインセンサ 4 1 b との相互の受光位置を正確に一致させる必要があるが、本実施形態では、画素配列方向に対して垂直な方向（Y 方向）についてはセンサ取付部に図略の位置調整機構を設けて機械的に位置ずれを調整し、画素配列方向（X 方向）及びセンサ受光面に対して垂直な方向（Z 方向）についてはその相対的な位置ずれ量 Δx , Δz をラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の受光信号の信号処理若しくは受光信号を用いた演算処理において補正するようにしている。この補正処理の詳細は後述する。

【 0 0 6 6 】

ラインセンサ 4 1 a 及びラインセンサ 4 1 b は略同一の受光感度特性を有し、

ラインセンサ 4 1 a は通常のダイナミックレンジで動作させるセンサであり、ラインセンサ 4 1 b は拡大したダイナミックレンジで動作させるセンサである。

【 0 0 6 7 】

従って、ビームスプリッタ 4 2 では入射光束を光量比 $B_1 : B_2 = N (N \gg 1) : 1$ で 2 分割し、光量 B_1 の光束をラインセンサ 4 1 a 側に出射し、光量 B_2 の光束をラインセンサ 4 1 b に出射するようになっている。

【 0 0 6 8 】

ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の受光感度特性が、例えば図 1 5 に示す特性であるとする、両ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b はそれぞれ $B_{min} \sim B_{max}$ の範囲内の光量 B_1, B_2 を有する入射光束を受光することができる。従って、例えば光量比 $B_1 : B_2$ を $99 : 1$ とし、入射光束の光量を B とすると、ラインセンサ 4 1 a に入力される光量 B_1 は $0.99 \cdot B$ であるから、ラインセンサ 4 1 a では $100 \cdot B_{min} / 99 \leq B \leq 100 \cdot B_{max} / 99$ の光量を有する入射光束、すなわち、ほぼ $B_{min} \sim B_{max}$ の範囲の入射光束が受光可能となる。一方、ラインセンサ 4 1 b に入力される光量 B_2 は $0.01 \cdot B$ であるから、サブセンサ 4 1 b では $100 \cdot B_{min} \leq B \leq 100 \cdot B_{max}$ の光量を有する入射光束、すなわち、受光感度特性の受光可能な最大入力レベル B_{max} の 100 倍の光量を有する入射光束が受光可能となる。

【 0 0 6 9 】

従って、受光部 4 では入射光束の光量に応じてラインセンサ 4 1 a から出力される受光信号とラインセンサ 4 1 b から出力される受光信号とを切り換える（ラインセンサ 4 1 a の出力レベルが V_{max} を超えるとき、受光素子をラインセンサ 4 1 a からラインセンサ 4 1 b に切り換える）ことにより、 $B_{min} \sim 100 \cdot B_{max}$ の範囲の光量を有する入射光束を受光することができるようになっている。

【 0 0 7 0 】

ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b は電子シャッタ機能を備え、露光（電荷蓄積）及び蓄積電荷の読出しは CCD ドライバ 4 3 によって制御される。CCD ドライバ 4 3 は測定制御部 8 から入力される露光制御信号に基づきラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の電荷蓄積及び蓄積電荷の読出しの動作を制御する。

【 0 0 7 1 】

なお、測定制御部 8 から CCD ドライバ 4 3 に入力される露光制御信号は所定の周期を有するパルス列信号で、CCD ドライバ 4 3 は、例えばこのパルス列信号の立上がりタイミングでラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の露光を開始させ、立ち下がりタイミングでその露光を停止させるとともに、当該露光で蓄積された電荷の読み出しを行う。

【 0 0 7 2 】

測定制御部 8 は光学系 3 の焦点位置 F 2 (すなわち、スリット光の位置) の移動を開始させると、所定のタイミングで露光制御信号を CCD ドライバ 4 3 に出力する。これによりスリット光が光軸上 (すなわち、Z 軸上) を移動している間に所定の移動ピッチで複数回、測定対象物 G がラインセンサ 4 1 a, 4 1 b で撮像される。スリット光が測定対象物 G の表面に近接するほど、ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b における受光信号のレベルは高くなり、そのレベルはスリット光が測定対象物 G の表面に一致したとき、最大となる。

【 0 0 7 3 】

測定制御部 8 から出力される露光制御信号はラインセンサ 4 1 a, 4 1 b に入射される測定対象物 G からの反射光のレベルをサンプリングするための制御信号 (図 4 の露光タイミング t_1, t_2, \dots, t_n を制御する信号) である。Z 座標粗演算部 7 及び測定制御部 8 ではこの制御信号に基づいて取り込まれた測定対象物 G からの反射光のレベル変化、すなわち、図 4 に示す受光部 4 の出力レベルの変化に基づいて当該測定対象物 G の表面の位置を示す Z 座標 (図 4 における Z 座標 Z_p) が算出される。

【 0 0 7 4 】

A/D 変換器 4 4 はラインセンサ 4 1 a, 4 1 b から読み出された受光信号 (アナログ信号) のノイズ削減及びレベル調整を行い、デジタル信号に変換して Z 座標粗演算部 7 に出力する。このとき、ラインセンサ 4 1 b から読み出された受光信号については信号レベルが N 倍されて Z 座標粗演算部 7 に出力される。

【 0 0 7 5 】

Y 方向駆動部 6 は測定対象物 G を形状計測装置 1 の光学系 3 に対して上下方向

に相対移動させるものである。Y方向駆動部6は測定テーブル61、電動モータ62、モータドライバ63、位置検出装置64及び波形整形器65を備えている。測定テーブル61は測定対象物Gを載置するもので、電動モータ62の駆動力により昇降可能になされている。電動モータ62の動作はモータドライバ63により制御され、更にモータドライバ63の駆動制御は測定制御部8により行われる。位置検出器64は測定テーブル61の昇降位置を検出するものである。位置検出器64は光学系3内の位置検出器35と同一の部材で構成されている。波形整形器65は位置検出器64から出力される正弦波状の検出信号の波形を整形するもので、波形整形後の検出信号は測定制御部8に入力される。

【0076】

Z座標粗演算部7はラインセンサ41a, 41bから周期的に出力される複数個の受光信号のうち、信号レベルがピークとなる露光位置の粗い検出を行うものである。すなわち、測定対象物Gの各Y座標位置において、スリット光を光軸上に移動させて図4に示すような複数個の受光信号が取り込まれるが、Z座標粗演算部7はこれらの受光信号の中から、ピーク値近傍の所定数の受光信号を算出するものである。この処理は演算対象となる受光信号の絞り込みを行い、受光信号がピーク値となる露光位置 Z_p を高速に算出するためのものである。このZ座標の粗検出処理においてはラインセンサ41a, 41bのX方向及びZ方向の位置ずれも補正されるようになっている。なお、Z座標粗演算部7の構成及び機能の詳細は後述する。

【0077】

測定制御部8は照明部2、光学系3、Y方向駆動部6及びZ座標粗演算部7の動作を制御して測定対象物Gの形状測定を行うものである。測定制御部8はマイクロコンピュータからなり、機能ブロックとして移動制御部81、測定位置検出部82、露光制御部83、Z座標演算部84及び通信部85を備えている。

【0078】

移動制御部81はY方向駆動部6内の測定テーブル61の駆動を制御するとともに、光学系3の後群レンズ31bの移動を制御するものである。測定位置検出部82はY方向駆動部6内の位置検出器64から出力される信号に基づいて測定

点のY座標を検出するものである。露光制御部83は受光部4内のラインセンサ41a, 41bの露光タイミング、すなわち、Z軸上の露光位置を制御するものである。露光制御部83は光学系3の位置検出器35から出力される信号に基づいて所定の周期を有する露光タイミング信号を生成し、受光部4内のCCDドライバ43に出力する。

【0079】

Z座標演算部84はZ座標粗演算部7から各画素位置毎に入力されるピークレベル近傍の複数の受光データを用いて各画素位置における受光データがピークレベルとなる露光位置（Z座標）を算出するものである。Z座標演算部84は、複数の受光データを用いて補間演算によりピークレベルとなる露光位置（Z座標）を算出する。

【0080】

通信部85は計測された測定対象物Gの形状データ（XYZ座標データ）を外部接続されたコンピュータ等の処理装置に出力するものである。

【0081】

測定モード設定部9は第1の測定モードと第2の測定モードとを切替設定するものである。受光部4にCCD2板方式によるダイナミックレンジ拡大方法を採用し、ラインセンサ間の相互の位置ずれ補正をソフト的に行う場合、測定精度を重視すると、位置ずれ補正の演算処理に時間を要し、測定時間が長くなるという不具合が生じる。そこで、本実施形態に係る形状測定装置1ではかかる不具合を考慮し、正確に位置ずれ補正を行って高精度で測定を行う第1の測定モードと位置ずれ補正の精度を少し甘くして高速で測定を行う第2の測定モードとを測定モード設定部9により選択可能にしている。

【0082】

操作者は高精度の測定を行うか、多少精度が低下しても高速測定を行うかによって測定モード設定部9からいずれかの測定モードを設定することができる。このモード設定情報はZ座標粗演算部7に入力され、後述のゲートコントローラ73によるゲートGT1～GT6の制御に用いられる。

【0083】

図 2 は、Z 座標粗演算部 7 の内部構成を示すブロック図である。

【 0 0 8 4 】

Z 座標粗演算部 7 は、正確に位置ずれ補正を行う第 1 データ処理部 7 1、高速で位置ずれ補正を行う第 2 データ処理部 7 2、受光部 4 からの受光データ（A/D 変換された受光信号）の両データ処理部 7 2，7 3 への入力を制御するゲート GT 1～GT 6 及びこれらのゲート GT 1～GT 6 の駆動を制御するゲートコントローラ 7 3 からなる。

【 0 0 8 5 】

第 1 データ処理部 7 1 は第 1 の測定モードにおいて受光データの処理を行うものであり、画像メモリ 7 1 1、X 方向位置ずれ補正部 7 1 2、データ選択部 7 1 3、データ粗検出部 7 1 4、Z 方向位置ずれ補正部 7 1 5 及びデータメモリ 7 1 6 を備えている。

【 0 0 8 6 】

画像メモリ 7 1 1 は 1 回のスリット光のスキャンで受光部 4 から出力される受光データを記憶するメモリである。画像メモリ 7 1 1 は同一の記憶容量を有する 2 枚のメモリ 7 1 1 a，7 1 1 b からなり、メモリ 7 1 1 a にはラインセンサ 4 1 a から出力される受光データが記憶され、メモリ 7 1 1 b にはラインセンサ 4 1 b から出力される受光データが記憶される。

【 0 0 8 7 】

図 5 は、画像メモリ 7 1 1 の概念図の一例を示すもので、 $m \times n$ 個の受光データを記憶する記憶領域を有している。同図に示す記憶領域は、ラインセンサ 4 1 a，4 1 b に m 個の画素 g_1, g_2, \dots, g_m が一列に配列されているとし、1 回のスリット光のスキャンで n 回の露光が所定の周期で繰り返されるとした場合のものである。

【 0 0 8 8 】

露光タイミング t_1 でラインセンサ 4 1 a，4 1 b の露光が行なわれ、受光部 4 から読み出された受光データ（各画素 g_1, g_2, \dots, g_m から出力される一群の受光データ）は画像メモリ 7 1 1 の左端の縦ラインに記憶され、以下同様にして露光タイミング t_2, t_3, \dots, t_n で取り込まれた受光データは順次、右隣の縦ラ

インに記憶される。従って、任意の画素 g_r の位置における横ライン上に配列された一群の受光データをグラフ化すると、図 4 に示すようなサンプリングデータとなる。

【 0 0 8 9 】

X 方向位置ずれ補正部 7 1 2 はラインセンサ 4 1 a とラインセンサ 4 1 b との X 方向における相互の位置ずれ Δx を補正するものである。この位置ずれ補正は、例えばラインセンサ 4 1 a の位置を基準とし、ラインセンサ 4 1 b のラインセンサ 4 1 a に対する X 方向の位置ずれ量 Δx を補正することにより行なわれる。X 方向の位置ずれ量 Δx は形状計測装置 1 の製造時に測定されてデータメモリ 7 1 6 に記憶されている。

【 0 0 9 0 】

ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の画素ピッチを p_x とし、ラインセンサ 4 1 b のラインセンサ 4 1 a に対する X 方向の位置ずれ量 Δx を $\Delta x = \pm (a + b) \cdot p_x$ (a は 1 以上の整数、 $1 > b \geq 0$) とすると、 $b = 0$ の場合、すなわち、位置ずれ量 Δx が画素ピッチ p_x の整数倍 (a 倍) の場合は、ラインセンサ 4 1 b の各画素の受光データを位置ずれしている画素数分だけシフトさせて扱うことによりラインセンサ 4 1 b とラインセンサ 4 1 a との位置ずれを演算上補正することができる。

【 0 0 9 1 】

従って、この場合は、ラインセンサ 4 1 a の受光データのうち、レベルが飽和している画素についてラインセンサ 4 1 b の対応する画素（位置ずれが補正された後の対応する画素）の受光データに置換することで、全ての画素位置について正確な受光データを得ることができる。

【 0 0 9 2 】

一方、 $b \neq 0$ の場合、すなわち、位置ずれ量 Δx が画素ピッチ p_x の整数倍でない場合は、ラインセンサ 4 1 a の k (但し $k > a + 1$ とする。) 番目の画素 g_k に対してラインセンサ 4 1 b の $(k - a - 1)$ 番目の画素 g_{k-a-1} と $(k - a)$ 番目の画素 g_{k-a} とが重複するから、ラインセンサ 4 1 a の画素 g_k の受光データが飽和している場合、その受光データをラインセンサ 4 1 b の画素 g_{k-a-1} 若し

くは画素 g_{k-a} の受光データに置換しても正確な受光データとはならない。

【 0 0 9 3 】

すなわち、図 6 に示すように、例えば位置ずれ量 Δx が $\Delta x = (1 + b)$ で、ラインセンサ 4 1 a の 5 番目の画素 g_5 の受光データが飽和している場合、ラインセンサ 4 1 a の 5 番目の画素 g_5 に対してラインセンサ 4 1 b の 3 番目の画素 g_3' と 4 番目の画素 g_4' とが重複し、画素 g_3' 及び画素 g_4' の受光データが、例えば図 7 に示すようになっているとすると、画素 g_3' 及び画素 g_4' の位置と画素 g_5 の位置とは正確にはずれているため、画素 g_5 の受光データ $V(g_5)$ を画素 g_3' の受光データ $V(g_3')$ 若しくは画素 g_4' の受光データ $V(g_4')$ としても誤差が生じる。

【 0 0 9 4 】

そこで、本実施形態では、画素 g_3' の受光データ $V(g_3')$ と画素 g_4' の受光データ $V(g_4')$ とを用いて補間演算により画素 g_5 の位置の受光データを算出し、その算出結果を画素 g_5 の受光データとするようにしている。この補間演算は、例えば画素 g_3' と画素 g_4' 間の受光データの変化を直線と見做し、両画素 g_3' , g_4' 間の画素 g_5 の位置に対応する受光データを算出するものである。具体的には、 $V(g_5) = (1 - b) \cdot [V(g_4') - V(g_3')]$ の演算式により算出される。

【 0 0 9 5 】

なお、画素 g_5 の位置を両画素 g_3' , g_4' 間の中間と見做し、すなわち、 $b = 1/2$ とし、補間値として受光データ $V(g_4')$ と受光データ $V(g_3')$ の平均値 $[V(g_4') - V(g_3')] / 2$ を取るようにしてもよい。

【 0 0 9 6 】

従って、X 方向位置ずれ補正部 7 1 2 ではラインセンサ 4 1 a の受光データが飽和している画素 g_k を算出するとともに、この画素 g_k の受光データを置換すべき受光データがラインセンサ 4 1 b の画素 g_{k-a-1}' , g_{k-a}' の受光データを用いて算出される。

【 0 0 9 7 】

データ選択部 7 1 3 はラインセンサ 4 1 a の各画素 g_i ($i = 1, 2, \dots, m$)

の受光データとラインセンサ41bの各画素 g_i' ($i = 1, 2, \dots, m$)の受光データとを合成して正確な受光データを作成するものである。すなわち、図8に示すようにラインセンサ41aの各画素 g_i の受光データのうち、オーバーフローしている受光データをラインセンサ41bの対応する画素位置の受光データに置換するように合成するものである。

【0098】

図8は、ラインセンサ41aに対してラインセンサ41bが右方向に略1.5 p_x だけ位置ずれを起こしている場合の例である。なお、説明の便宜上、画素数は12個としている。

【0099】

上段はラインセンサ41aの画素 $g_1 \sim g_{12}$ の受光データを示し、中段はラインセンサ41bの画素 $g_1' \sim g_{12}'$ の受光データを示している。なお、ラインセンサ41bのものは受光データのレベルをN倍したもので表している。

【0100】

両受光データにおいて、点線で示す曲線はラインセンサ41a, 41bに十分なダイナミックレンジがあったとした場合の受光レベルである。ラインセンサ41aでは画素 $g_5 \sim g_9$ の部分が最大出力レベル V_{max} を超えているので、これらの受光データは V_{max} に飽和している。一方、ラインセンサ41bでは受光光量が $1/N$ に抑制されているので、何れの画素の出力レベルも V_{max} に飽和していない。

【0101】

そして、両受光データは、下段に示すようにラインセンサ41aの画素 $g_5 \sim g_9$ の受光データをラインセンサ41bの対応する位置の受光データに置換するように合成される。下段の受光データにおいて、画像 $g_5 \sim g_9$ の受光データのレベルを「 Δ 」で示しているのは、位置ずれ量 Δx が画素ピッチ p_x の整数倍でないため、上述した補間処理により算出されたものであることを示している。位置ずれ量 Δx が、例えば $\Delta x = p_x$ であるときは、ラインセンサ41aの画素 $g_5 \sim g_9$ の受光データはラインセンサ41bの画素 $g_4' \sim g_8'$ の受光データにそれぞれ置換されることになる。

【 0 1 0 2 】

データ粗検出部 7 1 4 は、上述したように各画素位置毎に、複数個の受光データの中からピークレベル近傍の受光データを検出するものである。データ粗検出部 7 1 4 は各画素位置毎に、例えば複数個の受光データについてデータレベルに基づくソーティングを行い、レベルの高い順に所定個数の受光データを検出する。

【 0 1 0 3 】

Z 方向位置ずれ補正部 7 1 5 は、検出された受光データにラインセンサ 4 1 b の受光データが含まれている場合、その受光データについてラインセンサ 4 1 a とラインセンサ 4 1 b との Z 方向における相互の位置ずれ Δz を補正するものである。より正確には位置ずれ Δz に基づく受光データの誤差を補正するものである。

【 0 1 0 4 】

すなわち、例えば図 1 3 に示すようにラインセンサ 4 1 b がラインセンサ 4 1 a に対して距離 Δz だけ光束が入射する側にずれているとすると、ラインセンサ 4 1 a の画素 g_i の受光光量はラインセンサ 4 1 b の画素 g_i の受光光量よりも小さくなるから、ラインセンサ 4 1 a のデータレベルが飽和している画素 g_r の近傍の画素位置の受光データをラインセンサ 4 1 b の受光データに置換した場合、その受光データはラインセンサ 4 1 a の位置で受光したとした場合よりも高いレベルとなる。

【 0 1 0 5 】

図 9 は、その様子を示したもので、点線で示す曲線はラインセンサ 4 1 a の位置で飽和することなく受光できた場合の受光データを示し、「●」はラインセンサ 4 1 a の受光データを示し、「△」はラインセンサ 4 1 b の受光データを示している。

【 0 1 0 6 】

同図に示すように、露光位置 Z_{r-1} 、 Z_r の受光データはラインセンサ 4 1 b の受光データに置換されているため、そのデータレベルは点線で示す曲線より高くなっている。Z 方向位置ずれ補正部 7 1 5 では、露光位置 Z_{r-1} 、 Z_r の受光デー

タのレベルが位置ずれ量 Δz の基づいて点線で示す曲線上に乗るように補正される。

【 0 1 0 7 】

そして、Z方向位置ずれ補正部 7 1 5 により補正された受光データは測定制御部 8 に出力される。

【 0 1 0 8 】

なお、Z方向の位置ずれ補正もラインセンサ 4 1 a の位置を基準とし、ラインセンサ 4 1 b のラインセンサ 4 1 a に対するZ方向の位置ずれ量 Δz を補正することにより行なわれる。Z方向の位置ずれ量 Δz も形状計測装置 1 の製造時に測定されてデータメモリ 7 1 6 に記憶されている。

【 0 1 0 9 】

図 2 に戻り、データメモリ 7 1 6 は、上述したようにX方向及びZ方向の位置ずれ量 Δx 、 Δz を記憶するものである。位置ずれ量 Δx 、 Δz は各画素位置 g_i 毎に測定され、データメモリ 7 1 6 に記憶されている。

【 0 1 1 0 】

位置ずれ量 Δx は、例えば図 1 0 の上段に示すように長手方向に所定の間隔で複数個のスリット 1 0 a, 1 0 b, 1 0 c が形成されたテストチャート 1 0 を焦点位置 F 2 に配置してこのテストチャート 1 0 を受光部 4 で撮像した際のラインセンサ 4 1 a, 4 1 b から出力される受光データを用いて算出される。すなわち、ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b がX方向に相互にずれている場合、各ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b から出力される受光データは図 1 0 の中段及び下段に示すようになるから、例えばスリット 1 0 b を受光しているラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の画素位置のずれ量 Δx を算出することによりラインセンサ 4 1 a, 4 1 b のX方向の位置ずれ量 Δx が算出される。なお、テストチャート 1 0 として長手方向に反射率が連続的もしくは段階的に変化する反射板を用いてもよい。

【 0 1 1 1 】

また、位置ずれ量 Δz は、図 3 において、測定対象物 G に代えて所定の反射率を有する基準となる全反射ミラーを配置し、この全反射ミラーの反射面の前後にスリット光をスキャンさせてラインセンサ 4 1 a とラインセンサ 4 1 b の受光レ

ベルを比較することにより算出される。すなわち、ラインセンサ 4 1 a からの受光信号のレベルが最大となるスリット光のスキャン位置（ラインセンサ 4 1 a に対する共焦点位置）とラインセンサ 4 1 b からの受光信号のレベルが最大となるスリット光のスキャン位置（ラインセンサ 4 1 b に対する共焦点位置）との距離差を Z 方向の位置ずれ量 Δz として算出することができる。

【 0 1 1 2 】

なお、上述の位置ずれ量 Δx 、 Δz は、ラインセンサ 4 1 a とラインセンサ 4 1 b の受光面が平行である場合は、全体的な位置ずれ量 Δx 、 Δz を算出して各画素に対する位置ずれ量 Δx 、 Δz とすることができるが、図 1 1 に示すようにラインセンサ 4 1 b の受光面がラインセンサ 4 1 a の受光面に対して角度 θ で傾斜している場合は各画素位置 g_i の位置ずれ量 $\Delta x(g_i)$ 、 $\Delta z(g_i)$ は変化するから、各画素 g_i 毎に位置ずれ量 $\Delta x(g_i)$ 、 $\Delta z(g_i)$ を算出することが望ましい。この場合は、テストチャート 1 0 として、例えば長手方向に白黒の繰返しパターンが形成された反射板を用いたり、1 本のスリットが形成されたテストチャートを X 方向に移動させることで、白黒パターンの光像をラインセンサ 4 1 a、4 1 b に形成し、この撮像画像を用いて画素毎に位置ずれ量 $\Delta x(g_i)$ を算出するとよい。本実施形態では、データメモリ 7 1 6 に画素毎の位置ずれ量 $\Delta x(g_i)$ 、 $\Delta z(g_i)$ が記憶されている。

【 0 1 1 3 】

尤も、第 2 データ処理部 7 2 では位置ずれ補正の精度を多少低下させても高速処理を優先するようにしているので、後述するように Z 方向位置ずれ補正部 7 2 4 における各画素 g_i の位置ずれ量 $\Delta z(g_i)$ は所定の代表値、例えば全画素 g_i の位置ずれ量 $\Delta z(g_i)$ の平均値を用いるようにしている。これにより Z 方向位置ずれ補正部 7 2 4 のための位置ずれ量 $\Delta z(g_i)$ を記憶するメモリを低減するとともに、演算速度の高速化を図るようにしている。

【 0 1 1 4 】

第 2 データ処理部 7 2 は第 2 の測定モードにおいて受光データの処理を行うものであり、X 方向画素ずれ補正部 7 2 1、データ選択部 7 2 2、画像メモリ 7 2 3、Z 方向位置ずれ補正部 7 2 4 を備えている。第 2 データ処理部 7 2 は C P L

D (Complex Programmable Logic Device) や F P G A (Field Programmable Gate Array) 等のデバイスでハードウェアにより構成されている。

【 0 1 1 5 】

第 1 の測定モードでは X 方向の位置ずれ補正を精密に演算して測定誤差の可及的に低減するようにしていたが、第 2 の測定モードは X 方向の位置ずれ補正を画素ピッチ単位で行うことにより高速測定を可能にするようにしたものである。

【 0 1 1 6 】

第 2 の測定モードでは、ラインセンサ 4 1 a とラインセンサ 4 1 b 間の X 方向の位置ずれ量が画素ピッチ p_x の整数倍でない場合にも整数倍の位置ずれ量として信号処理により位置ずれ補正を行うため、この分測定誤差が生じるが、演算処理により位置ずれ補正を行わないので、この分処理の高速化が可能となっている。また、ラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の受光データをすべて保存せず、X 方向の画素ずれ補正を行って合成した後の受光データのみを保存するようにしているので、この分第 1 の測定モードよりもメモリ容量を低減できるようになっている。

【 0 1 1 7 】

X 方向画素ずれ補正部 7 2 1 は、上述したようにラインセンサ 4 1 a とラインセンサ 4 1 b 間の X 方向の位置ずれ量を画素ピッチ単位で補正するものである。X 方向画素ずれ補正部 7 2 1 は、各露光動作毎に、ラインセンサ 4 1 a から読み出される一群の受光データとラインセンサ 4 1 b から読み出される一群の受光データとの位相を相対的にずらせることで、X 方向の位置ずれ量を補正する。

【 0 1 1 8 】

具体的には、受光部 4 からはラインセンサ 4 1 a, 4 1 b の画素 g_i, g_i' からそれぞれ出力される受光データ $V(g_i), V(g_i')$ が同位相で出力されるが、例えばラインセンサ 4 1 a, 4 1 b 間の X 方向の位置ずれ量 Δx が図 8 に示すように $\Delta x \cong 1.5 p_x$ である場合、画素 g_i' の受光位置は画素 g_i の受光位置に対して X 方向に $1.5 p_x$ だけずれ、画素 g_{i+1} 若しくは画素 g_{i+2} の受光位置に近くなっている。

【 0 1 1 9 】

従って、X 方向画素ずれ補正部 7 2 1 ではラインセンサ 4 1 b から出力される

受光データ $V(g_i')$ の位相を 1 画素分若しくは 2 画素分遅延させてラインセンサ 4 1 a の画素 g_{i+1} 若しくは画素 g_{i+2} から出力される受光データ $V(g_{i+1})$, $V(g_{i+2})$ と同相になるように X 方向の位置ずれ量が信号処理により補正される。

【 0 1 2 0 】

データ選択部 7 2 2 は、ラインセンサ 4 1 a の各画素 g_i ($i = 1, 2, \dots, m$) の受光データとラインセンサ 4 1 b の各画素 g_i' ($i = 1, 2, \dots, m$) の受光データとを合成して正確な受光データを作成するもので、第 1 データ処理部 7 1 内のデータ選択部 7 1 3 と同一の機能を果たすものである。データ選択部 7 2 2 ではラインセンサ 4 1 a からの受光データとラインセンサ 4 1 b からの受光データとを比較し、レベルの飽和していない適切な受光データが選択されて画像メモリ 7 2 3 に格納される。

【 0 1 2 1 】

画像メモリ 7 2 3 は合成後の受光データを一時、保存するものである。画像メモリ 7 2 3 も第 1 データ処理部 7 1 内の画像メモリ 7 1 1 a (若しくは 7 1 1 b) と同様のメモリ容量を有し、図 5 に示したように各画素位置の受光データ $V(g_i)$ が記憶される。

【 0 1 2 2 】

Z 方向位置ずれ補正部 7 2 4 は、第 1 データ処理部 7 1 内のデータ粗検出部 7 1 4 及び Z 方向位置ずれ補正部 7 1 5 と同一の機能を果たすものである。すなわち、各画素位置毎に、複数の受光データの中からピークレベル近傍の受光データを検出し、それらの受光データにラインセンサ 4 1 b の受光データが含まれている場合、その受光データについてラインセンサ 4 1 a とラインセンサ 4 1 b との Z 方向における相互の位置ずれ Δz を補正するものである。Z 方向位置ずれ補正部 7 1 5 により補正された受光データは測定制御部 8 に出力される。

【 0 1 2 3 】

Z 方向位置ずれ補正部 7 2 4 には各画素位置に対する位置ずれ量 Δz として代表値が設定されており、同一の位置ずれ量 Δz により Z 方向の位置ずれに基づく信号レベルの補正が行われる。これにより演算処理の高速化が図られている。

【 0 1 2 4 】

Z 方向位置ずれ補正部 7 2 4 の具体的な処理は、上述したデータ粗検出部 7 1 4 及び Z 方向位置ずれ補正部 7 1 5 の処理と同様であるので、ここでは具体的な説明を省略する。

【 0 1 2 5 】

第 1 データ処理部 7 1 若しくは第 2 データ処理部 7 2 から出力される Z 方向のに粗く検出された受光データは測定制御部 8 の入力され、上述したように Z 座標演算部 8 4 で補間処理により正確な信号レベルが最大となる Z 座標が算出される。

【 0 1 2 6 】

上記のように本実施形態に係る形状計測装置 1 は、CCD 2 板方式によるダイナミックレンジ拡大方法を適用した受光部 4 を備えているので、高精度の受光データが得られ、高精度の形状計測が可能となる。特にラインセンサ 4 1 a, ラインセンサ 4 1 b 間の X 方向及び Z 方向の位置ずれ量 Δx , Δz を画素毎に算出しておき、ラインセンサ 4 1 a に対するラインセンサ 4 1 b の受光データの位置ずれに起因する誤差を画素毎に補正するようにしているので、ラインセンサ 4 1 a, ラインセンサ 4 1 b 間の X 方向及び Z 方向の位置ずれが測定誤差に与える影響も少ない。

【 0 1 2 7 】

また、測定精度を重視した第 1 の測定モードと測定速度を重視した第 2 の測定モードとを設け、測定目的に応じてユーザーが両測定モードを選択できるようにしているので、形状測定装置の利便性も向上する。

【 0 1 2 8 】

なお、上記実施の形態では、第 1 の測定モードと第 2 の測定モードとを切換可能にしていたが、いずれか一方の測定モードを備えた構成であっても測定精度の差はあるが、ラインセンサ 4 1 a, ラインセンサ 4 1 b 間の X 方向及び Z 方向の位置ずれに基づく測定誤差を低減することができる。

【 0 1 2 9 】

また、上記実施形態ではラインセンサを 2 個用いて受光部 4 のダイナミックレ

ンジを拡大するようにしていたが、ラインセンサを 3 個以上用いた場合にも同様の方法で位置ずれ補正を行えば、ラインセンサ間の位置ずれが測定誤差に与える影響を低減させることができる。更に単体のセンサやエリアセンサを用いた場合にも同様の方法で位置ずれ補正を行えば、ラインセンサ間の位置ずれが測定誤差に与える影響を低減させることができる。

【 0 1 3 0 】

また、上記実施の形態では X 方向の位置ずれ補正をした後、受光データの合成処理を行い、その後で Z 方向の位置ずれ補正を行うようにしていたが、X 方向及び Y 方向の位置ずれ補正をした後、受光データの合成処理を行うようにしても良い。

【 0 1 3 1 】

更に上記実施形態では共焦点型の光学系 3 を用い、像側の焦点位置 F 1 に照明光源を設けて光学系 3 を介して測定対象物 G に照明光を照射するようにしていたが、光学系 3 の光路外に照明光源を設け、この照明光源からの照明光の測定対象物 G での反射光を光学系 3 により受光部 4 に導くような構成であってもよい。

【 0 1 3 2 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、受光特性の等しい少なくとも 2 個の受光手段と入射した光束を所定の光量比率で分割し、それぞれ各受光手段に導く光分割手段とからなる受光部を備えた形状計測装置であって、一方の受光手段からの受光信号を基準に他方の受光手段からの受光信号の光束入射方向（Z 方向）における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差を補正し、一方の受光手段からの受光信号のレベルが飽和しているとき、その受光信号をレベルが飽和していない他方の受光手段からの受光信号に置換するように両受光手段からの受光信号を合成するようにしたので、複数個の受光手段の Z 方向における相互の位置ずれの影響を受けることなく正確かつ高い精度で測定対象物の表面形状を計測することができる（請求項 1）。

【 0 1 3 3 】

また、本発明によれば、複数個の画素が線状に配列されてなる受光特性の等し

い少なくとも 2 個の受光手段と入射した光束を所定の光量比率で分割し、それぞれ各受光手段に導く光分割手段とからなる受光部を備えた形状計測装置であって、第 1 の測定モードと第 2 の測定モードとを設け、第 1 の測定モードでは各画素毎に X 方向における受光手段間の位置ずれに基づく受光信号の誤差を演算処理により正確に補正し、第 2 の測定モードでは各画素毎に X 方向における受光手段間の位置ずれに基づく受光信号の誤差を受光信号の位相調整により画素ピッチ単位で補正するようにしたので、高精度で測定したい場合は第 1 の測定モードを選択することにより、また、高速で測定したい場合は第 2 の測定モードを選択することによりユーザの測定条件に応じた形状測定を行うことができる。これにより形状計測装置の利便性が向上する（請求項 7）。

【 0 1 3 4 】

また、本発明によれば、一方の受光手段からの受光信号を基準に他方の受光手段からの受光信号の光束入射方向に対して垂直な方向（X 方向）における受光手段間相互の位置ずれ量に基づく誤差も補正するようにしたので、複数個の受光手段の Z 方向及び X 方向における相互の位置ずれの影響を受けることなく正確かつ高い精度で測定対象物の表面形状を計測することができる（請求項 2， 8）。

【 0 1 3 5 】

更に、ラインセンサからなる受光手段を用いて各画素から出力される受光信号毎に位置ずれに起因する誤差補正を行う場合、X 方向又は Z 方向における位置ずれ量を所定の代表値としたので、各画素毎の位置ずれ量を記憶するための容量が低減できるとともに、補正演算も容易となる（請求項 5， 1 0）。

【 0 1 3 6 】

また、受光部の受光手段を光学系の像側の焦点位置に設定し、光学系の像側の焦点位置に照明光源を生成する照明手段とこの照明部からの照明光を光学系に導くとともに、この光学系から出射される照明光の測定対象物からの反射光を受光部に導く第 2 の光分割手段とを設け、共焦点法により照明手段からの照明光を測定対象物に照射して形状測定を行うようにしたので、より高い精度で形状測定が可能となる（請求項 6， 1 1）。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る形状計測装置の一実施形態のブロック構成図を示す図である。

【図 2】

Z 座標粗演算部の内部構成を示すブロック図である。

【図 3】

共役オートフォーカスシステムによる測定対象物の表面形状の測定方法を説明するための図である。

【図 4】

光学系の対物側焦点位置に集光されたスリット光を測定対象物に近接させるように移動させつつ当該測定対象物からの反射光を周期的に受光した際の信号波形の一例を示す図である。

【図 5】

画像メモリの記憶領域を示す概念図である。

【図 6】

2 個のラインセンサが相互に画素ピッチの非整数倍だけずれた状態の一例を示す図である。

【図 7】

図 6 の位置ずれ状態において画素 g_3' と画素 g_3' の受光データを用いて画素 g_5 の位置に対する受光データを補間する方法を説明するための図である。

【図 8】

ダイナミックレンジの異なる 2 個のラインセンサの受光データの合成方法の一例を示す図である。

【図 9】

Z 方向の位置ずれ補正の内容を説明するための図である。

【図 10】

X 方向の位置ずれ量を測定する方法を説明するための図である。

【図 11】

2 個のラインセンサの撮像面が傾斜している場合の X 方向及び Z 方向の位置ずれ量を説明するための図である。

【図 1 2】

2 枚の CCD を用いたダイナミックレンジ拡大方法を説明するための図である。

【図 1 3】

2 個の CCD ラインセンサの X 方向及び Z 方向の相互の位置ずれを示す図である。

【図 1 4】

2 個のラインセンサ間に画素配列方向の位置ずれが生じている場合の測定精度への影響を説明するための図である。

【図 1 5】

ラインセンサの受光感度特性の一例を示す図である。

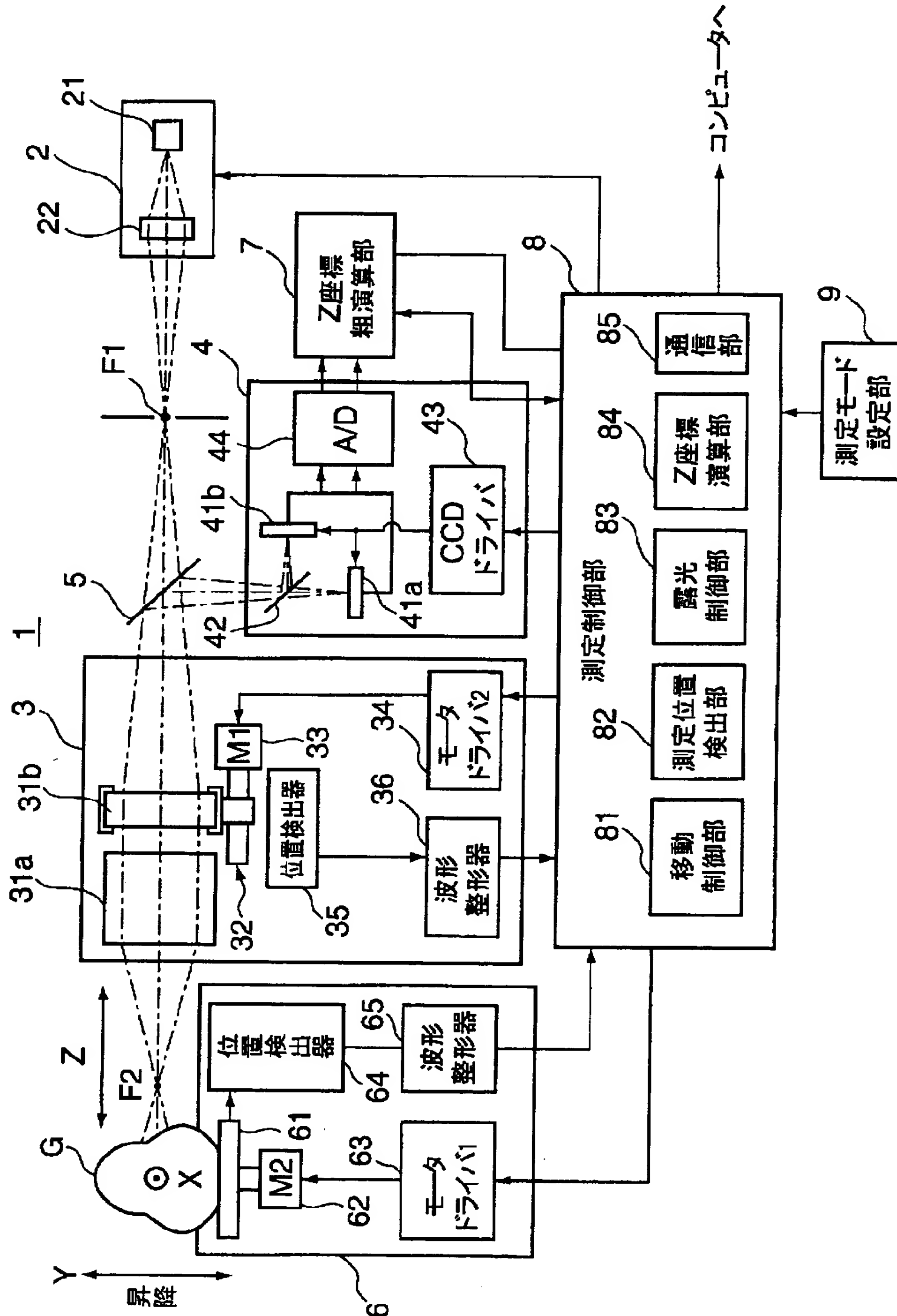
【符号の説明】

- 1 形状計測装置
- 2 照明部（照明手段）
- 3 共焦点型光学系
 - 3 1 a, 3 1 b レンズ
 - 3 2 アクチュエータ（駆動手段）
 - 3 3 電動モータ（駆動手段）
 - 3 4 モータドライバ（駆動手段）
 - 3 5 位置検出器
 - 3 6 波形整形器
- 4 受光部
 - 4 1 a, 4 1 b ラインセンサ（受光手段）
 - 4 2 ビームスプリッタ（光分割手段）
 - 4 3 A/D 変換器
- 5 ビームスプリッタ（第 2 の光分割手段）
- 6 Y 方向駆動部
- 7 Z 座標粗演算部
 - 7 1 第 1 データ処理部（信号処理手段，第 1 の信号処理手段）

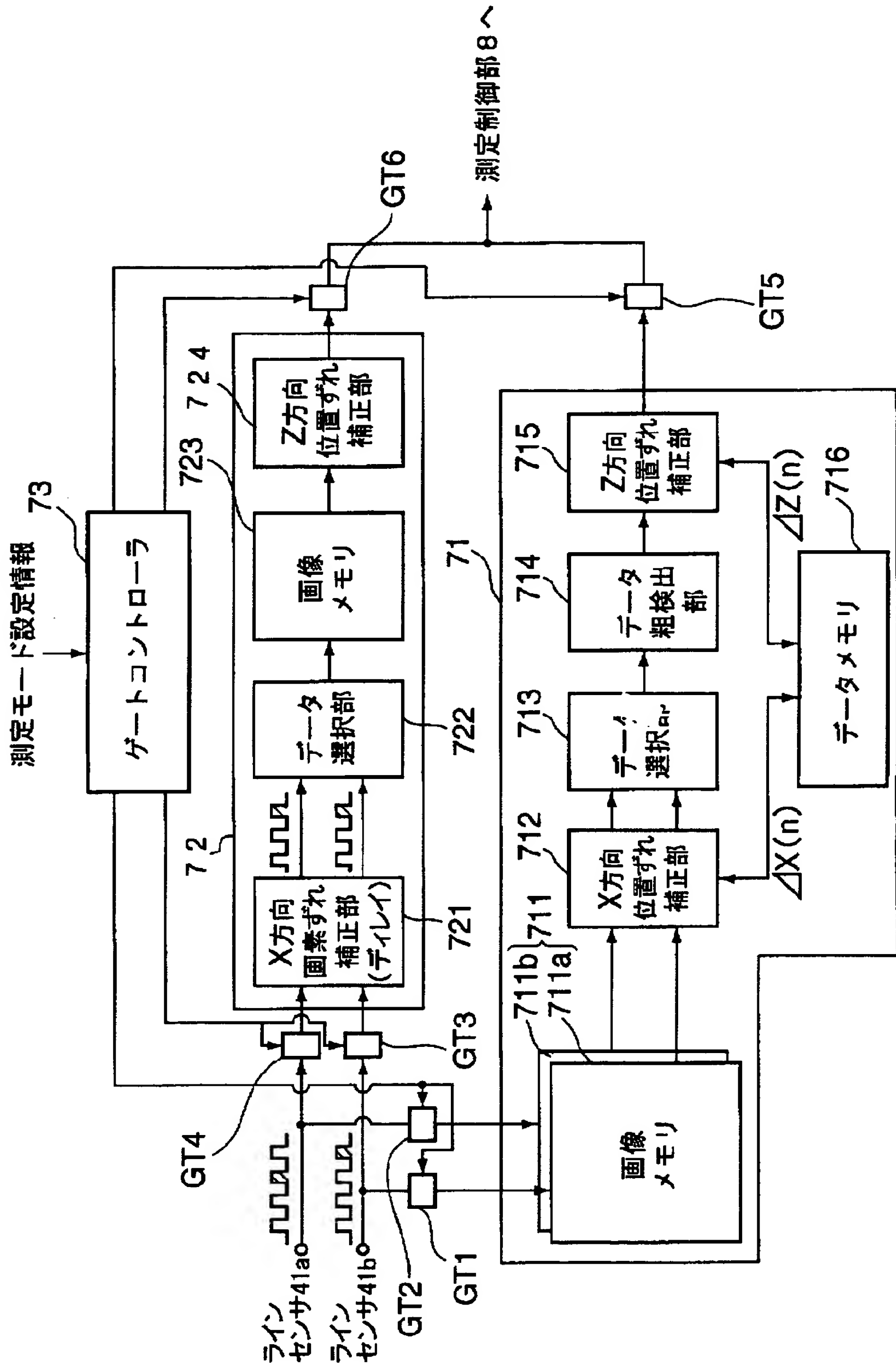
- 7 1 1 画像メモリ（信号記憶手段）
- 7 1 2 X方向位置ずれ補正部（補正手段）
- 7 1 3 データ選択部（信号合成手段）
- 7 1 4 データ粗検出部
- 7 1 5 Z方向位置ずれ補正部（第2の補正手段）
- 7 1 6 データメモリ（記憶手段、第2の記憶手段）
- 7 2 第2データ処理部（第2の信号処理手段）
- 7 2 1 X方向画素ずれ補正部（補正手段）
- 7 2 2 データ選択部（信号合成手段）
- 7 2 3 画像メモリ
- 7 2 4 Z方向位置ずれ補正部（第2の補正手段）
- 7 3 ゲートコントローラ
- 8 測定制御部8（処理制御手段）
- 8 1 移動制御部
- 8 2 測定位置検出部
- 8 3 露光制御部
- 8 4 Z座標演算部
- 8 5 通信部
- 9 モード設定部（モード設定手段）
- GT 1 ~ GT 6 ゲート（切換手段）

【書類名】 図面

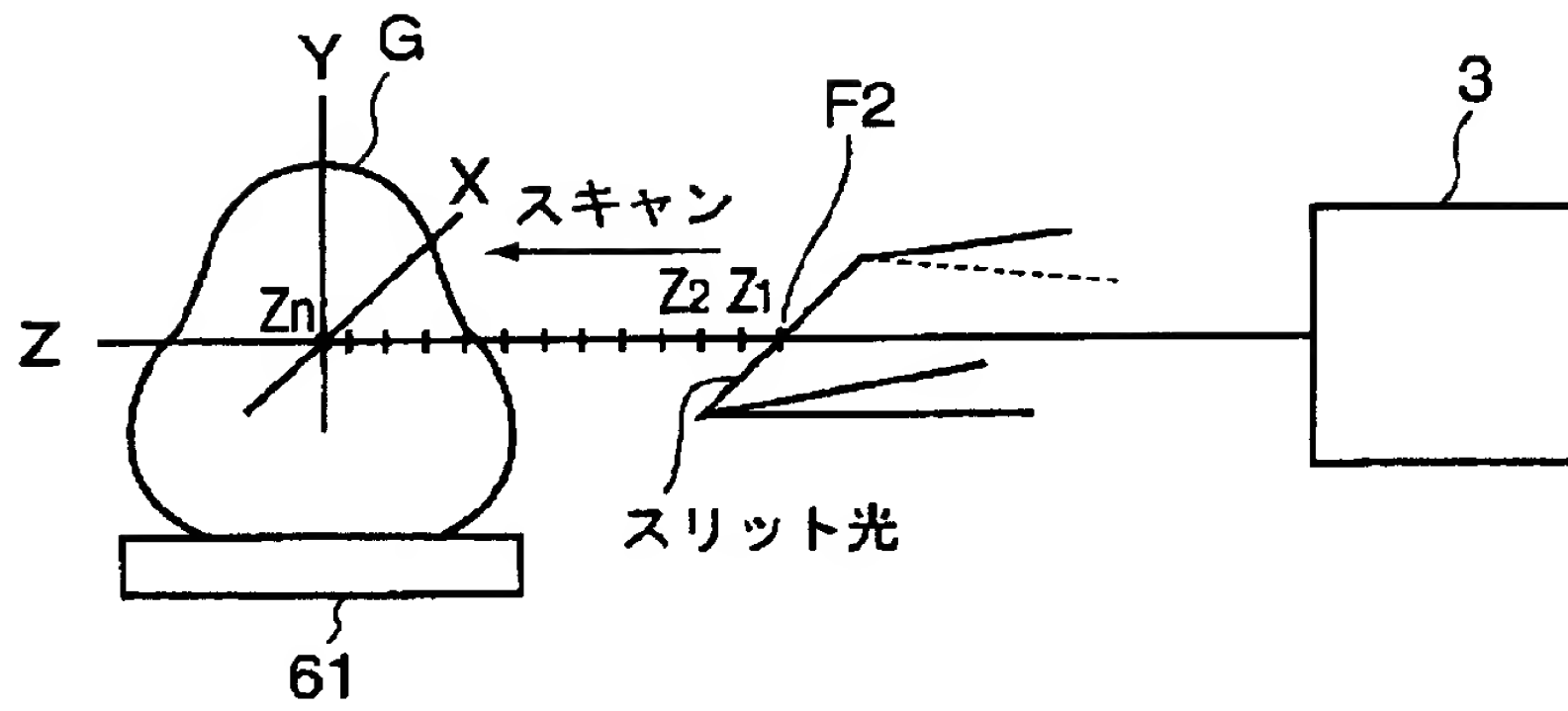
【図 1】



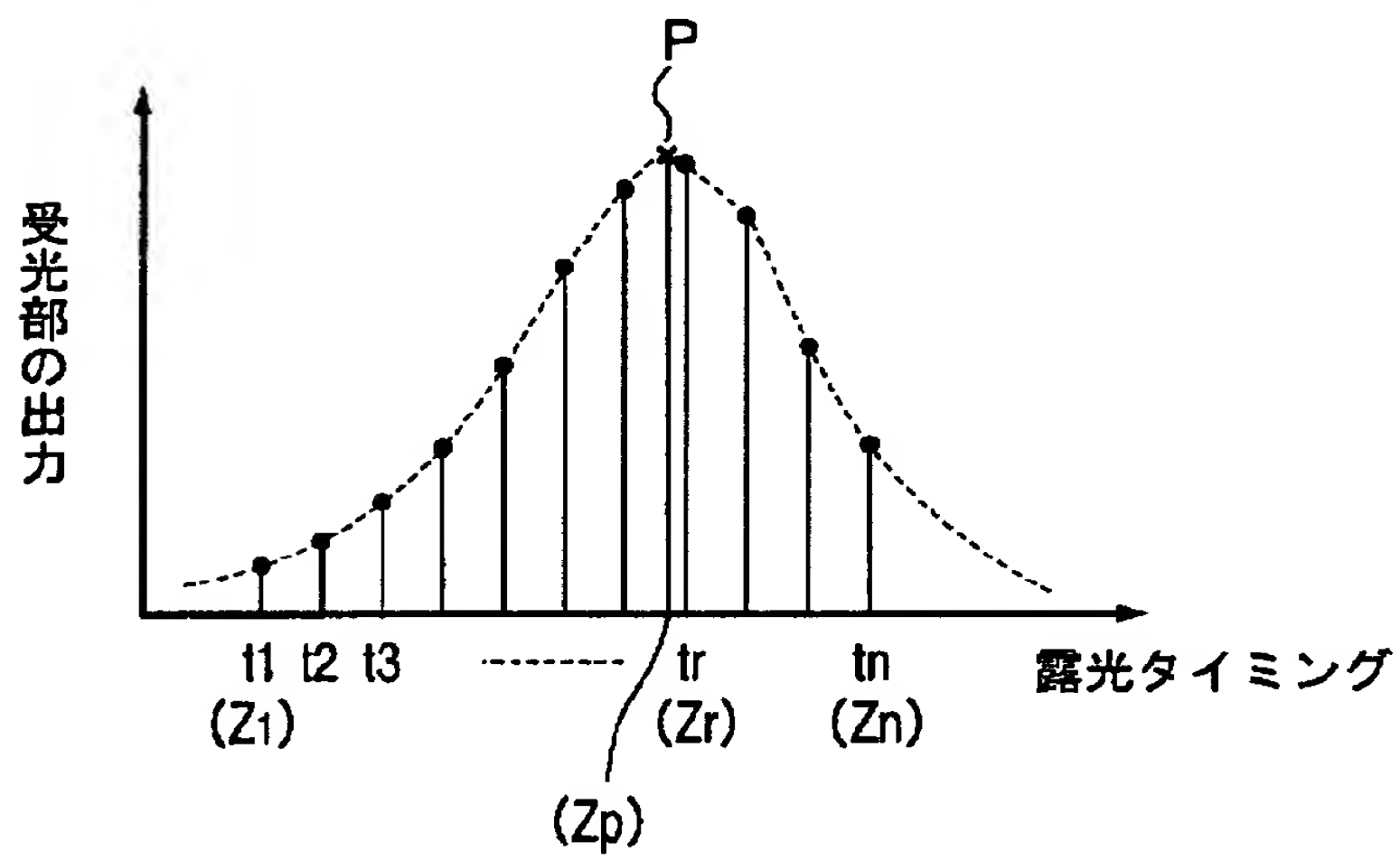
【図 2】



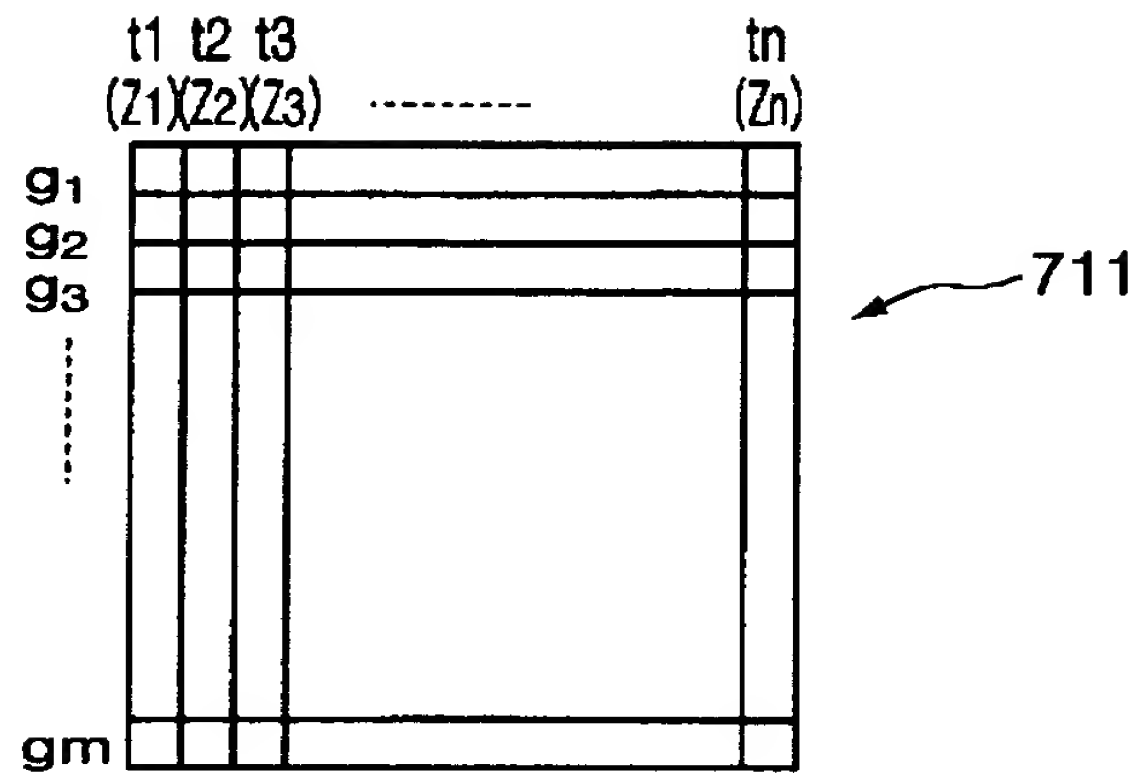
【図 3】



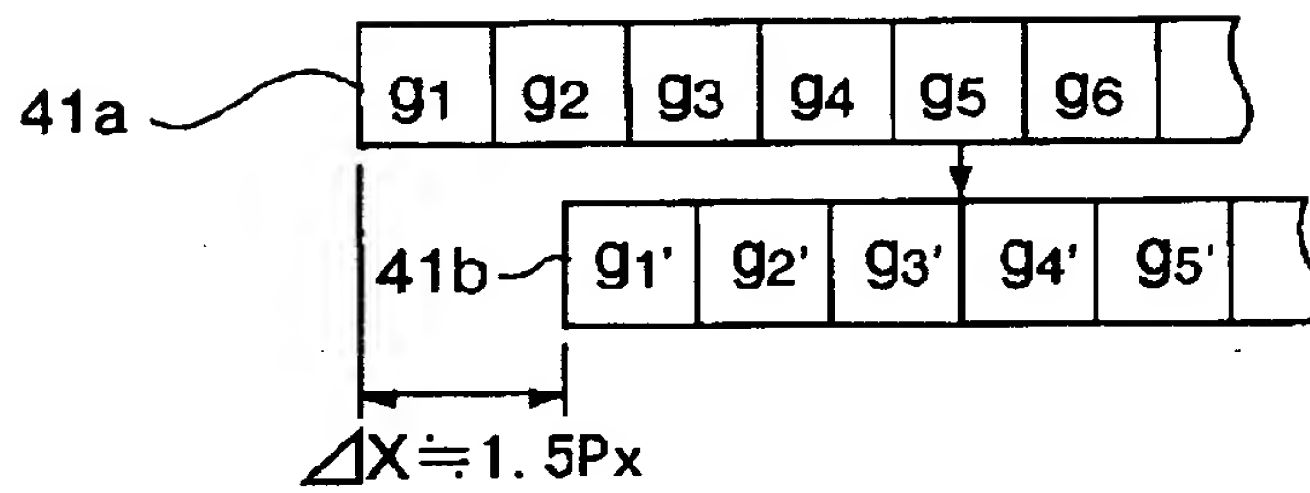
【図 4】



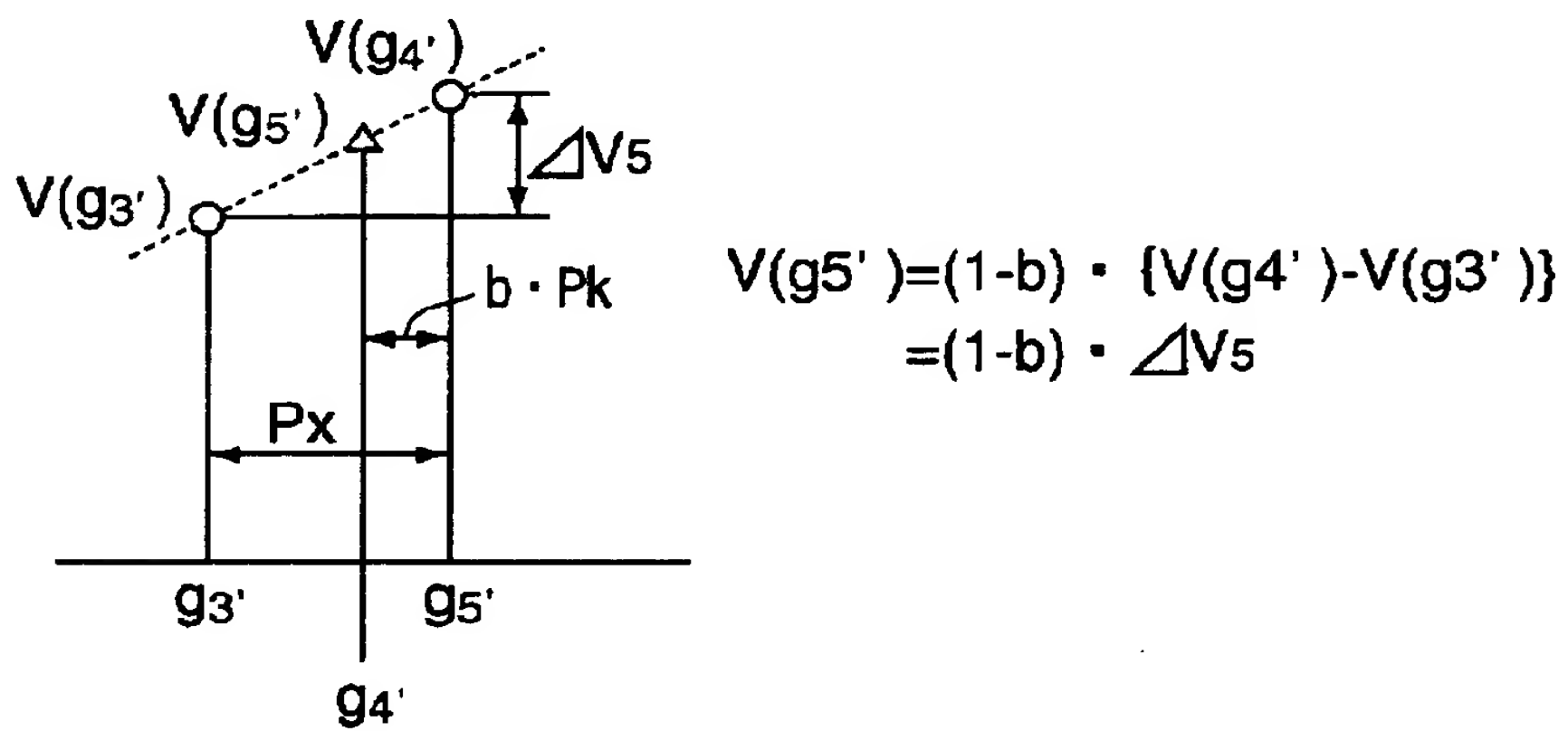
【図 5】



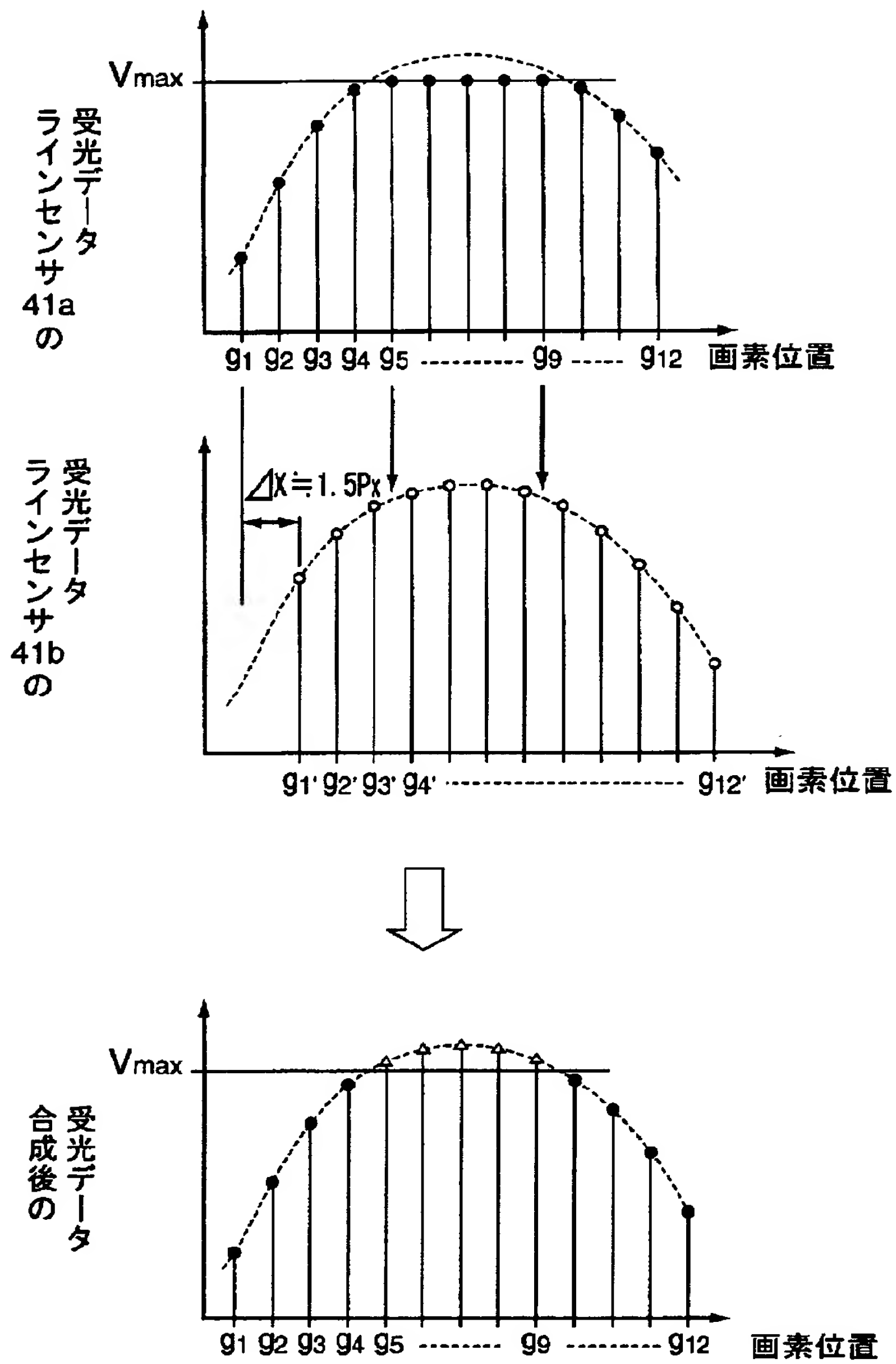
【図 6】



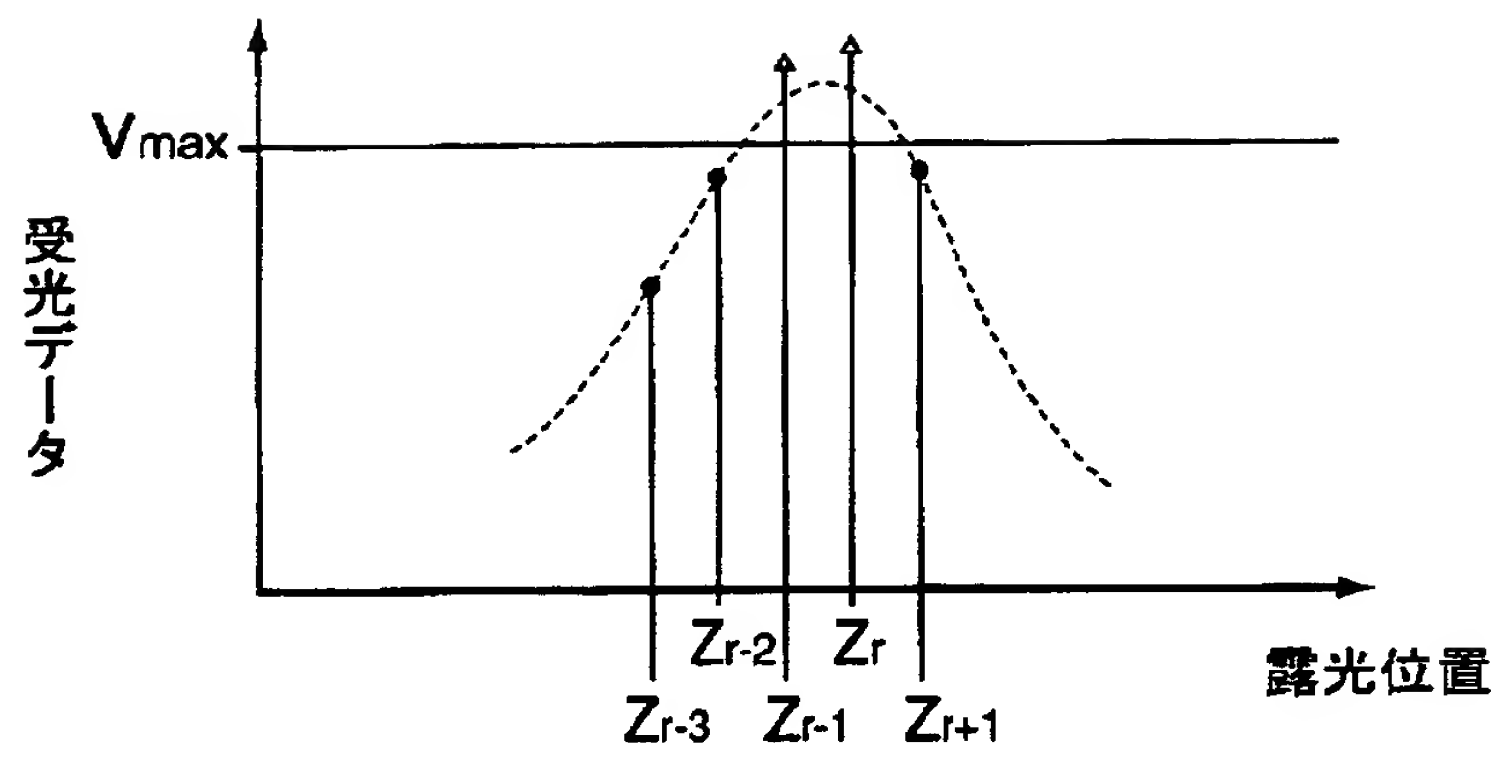
【図 7】



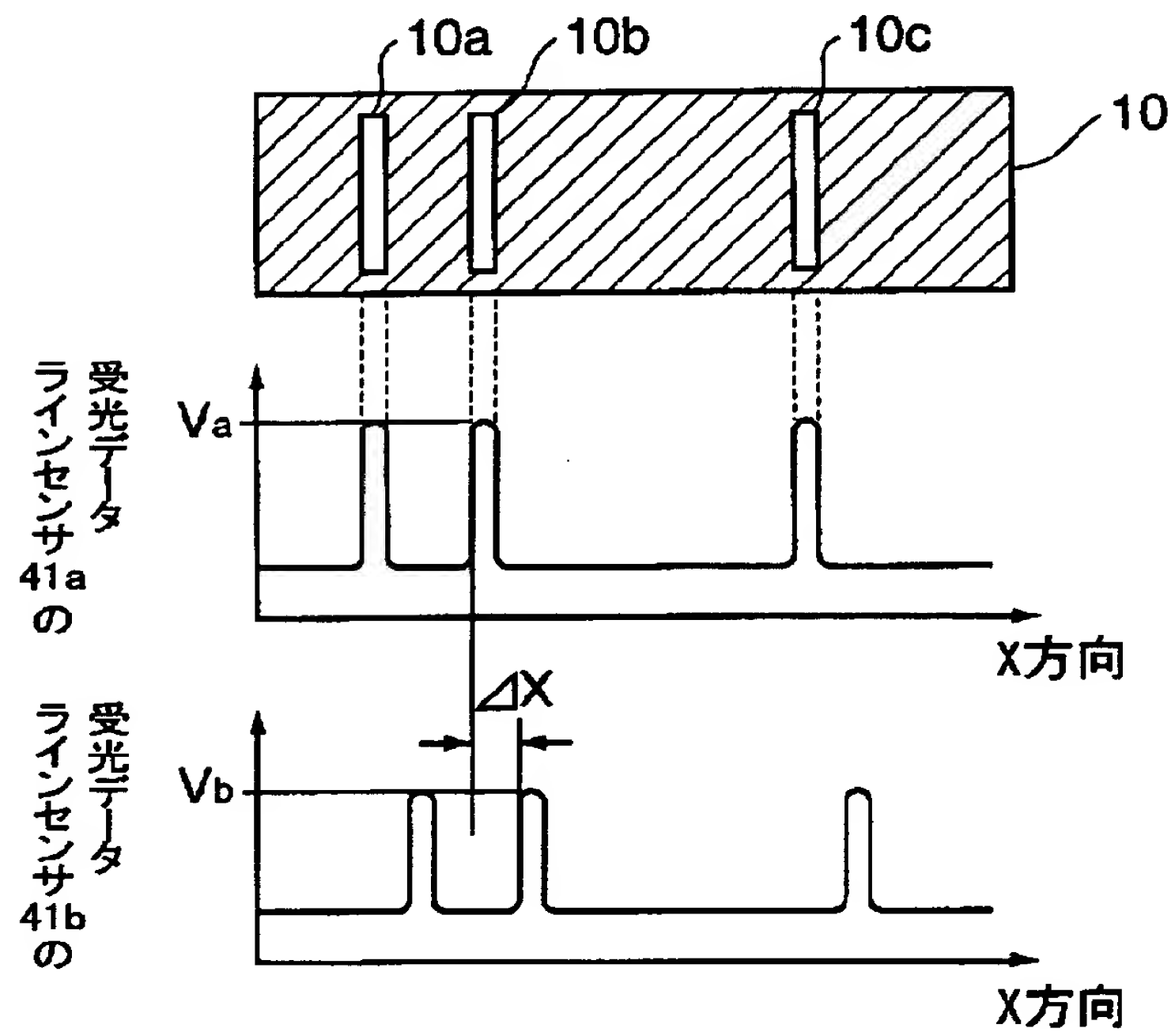
【図 8】



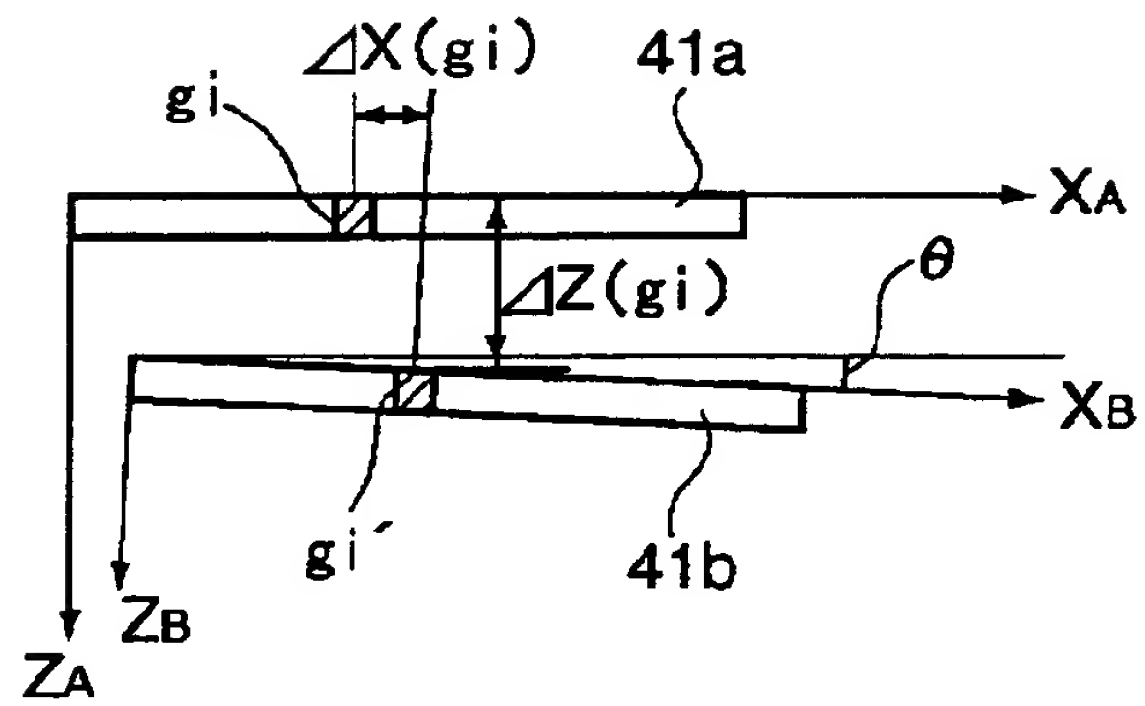
【図 9】



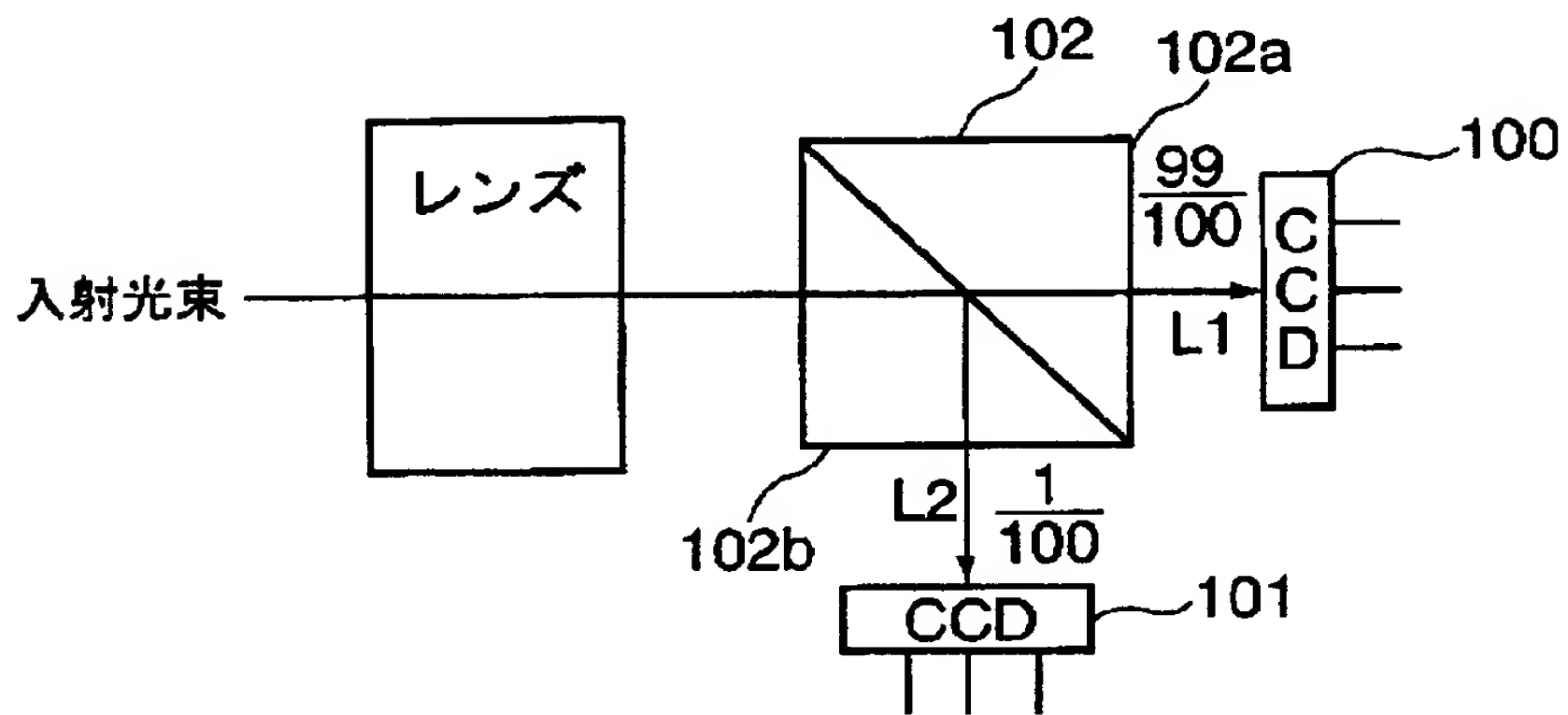
【図 1 0】



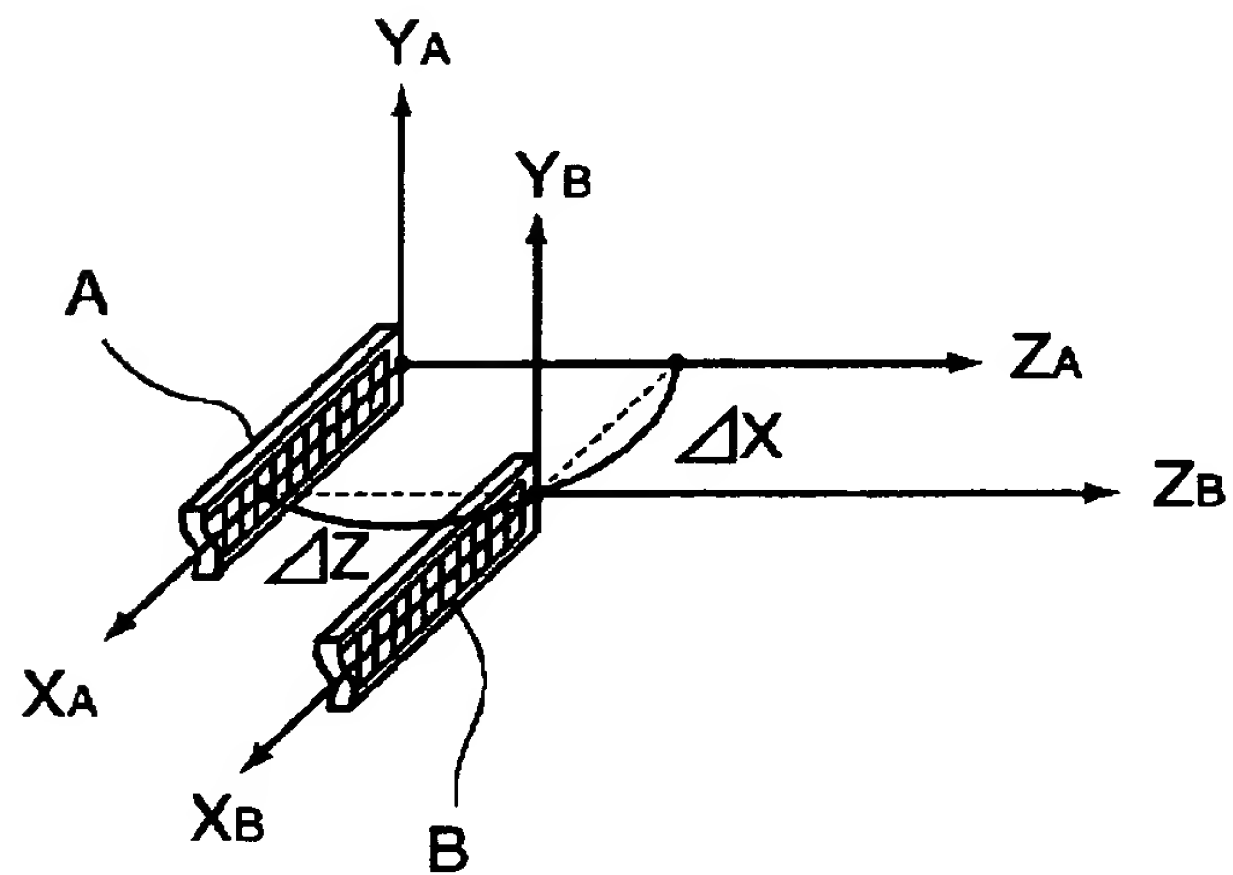
【図 1 1】



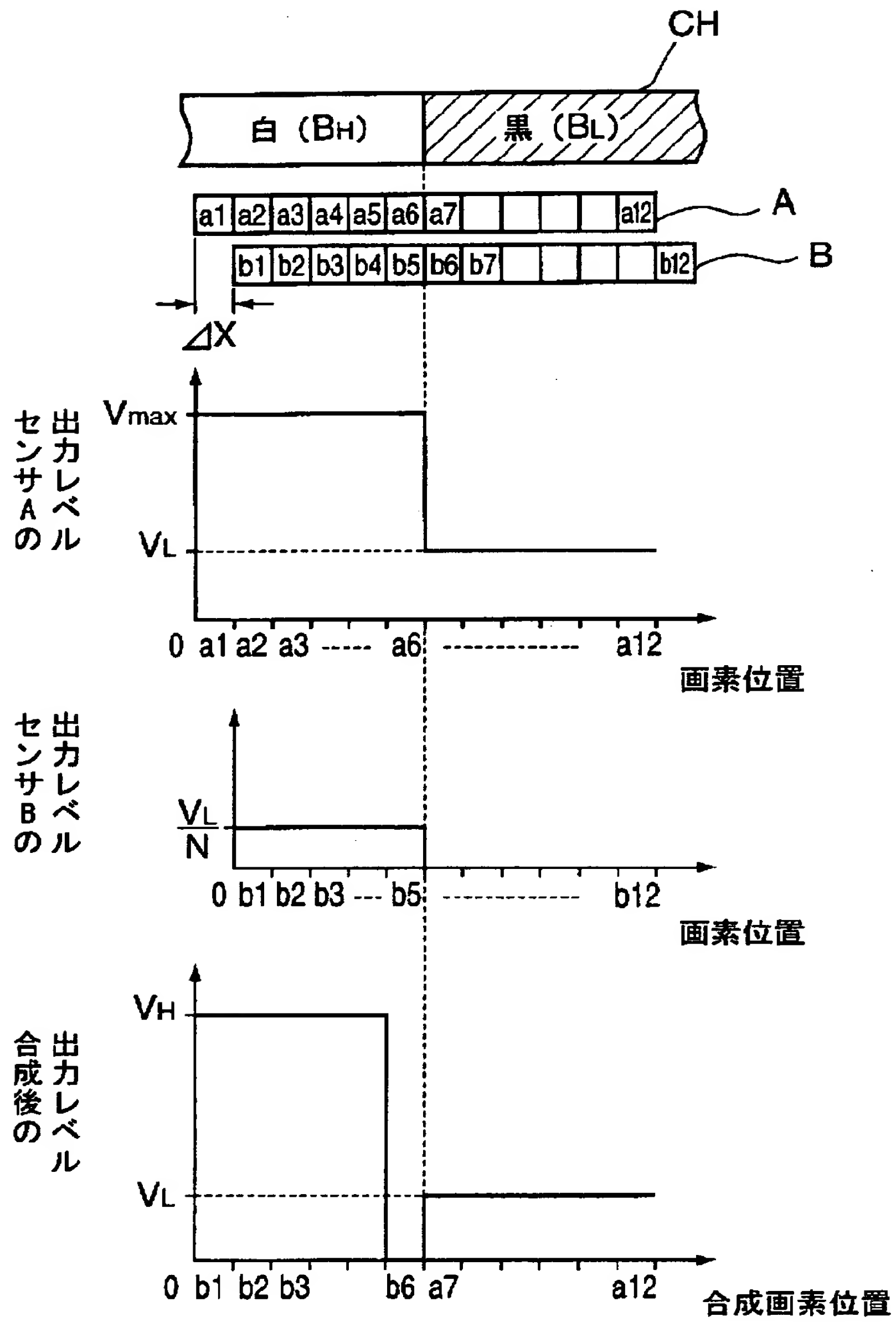
【図 1 2】



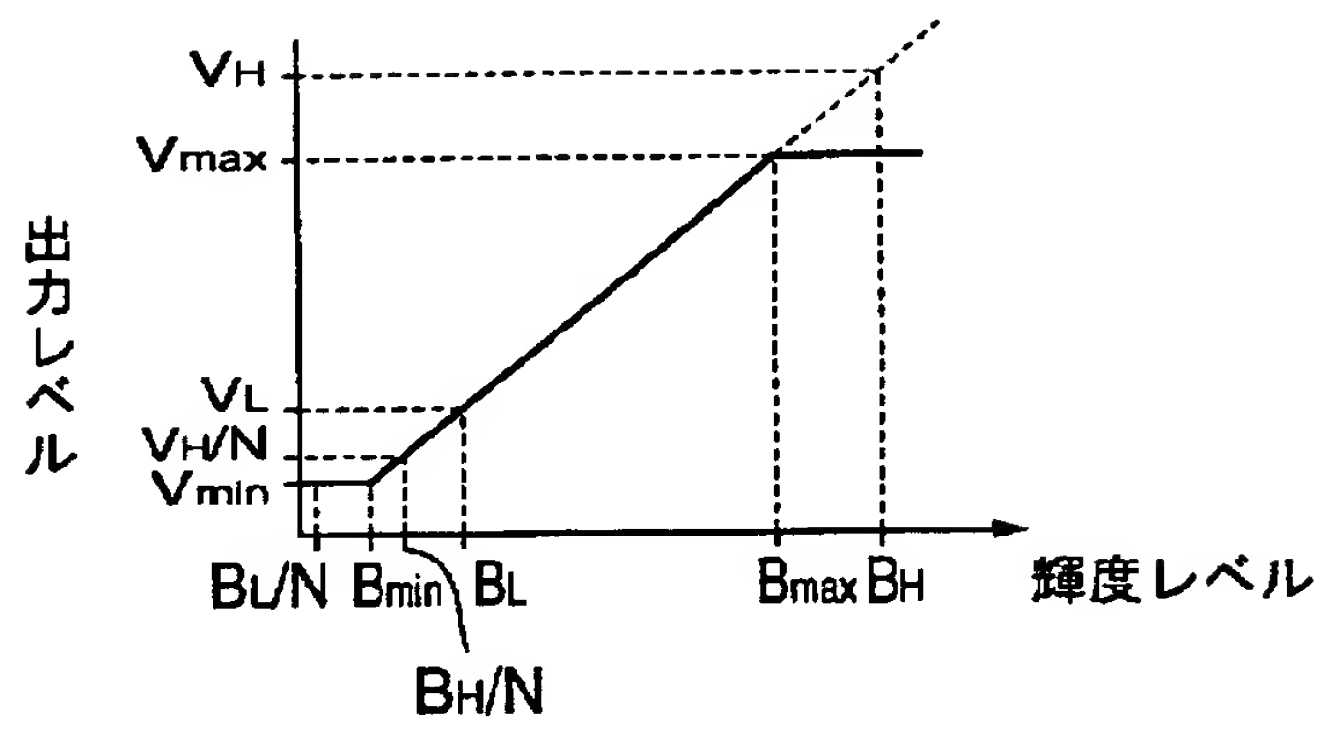
【図 1 3】



【図 1. 4】



【図 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 2枚のCCDを用いてダイナミックレンジを拡大した受光部を有する形状計測装置のCCD相互の位置ずれに起因する誤差の影響を低減する。

【解決手段】 ラインセンサ41a, 41b間の位置ずれを高精度に補正する第1データ処理部71と位置ずれ補正をラフにして高速測定を可能にする第2データ処理部72とを備える。第1データ処理部71ではラインセンサ41a, 41bの受光データを一旦、画像メモリ711に記憶し、位置ずれ補正部712, 715でデータメモリ716に記憶されたX方向の位置ずれ量 Δx とZ方向の位置ずれ量 Δz とを用いてそれぞれ位置ずれに起因する誤差を補正する。第2データ処理部72では画素ずれ補正部721で一方のセンサからの受光データを画素ピッチ単位の位置ずれ量に基づき遅延させてX方向の位置ずれを補正し、位置ずれ補正部724でZ方向の位置ずれを補正する。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 0 7 9]

1. 変更年月日 1 9 9 4 年 7 月 2 0 日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目 3 番 1 3 号 大阪国際ビル

氏 名 ミノルタ株式会社